

Odling av sojabönor vid låg temperatur – Sojabönors uppkomst i närvaro av biostimulanter och olika fosforgödsling

Cultivation of soybean at low temperature

*– The emergence of soybeans in the presence of biostimulants and various
phosphorus fertilizers*

Stina Moritz

Odling av sojabönor vid låg temperatur

– Sojabönors uppkomst i närvaro av biostimulanter och olika fosforgödsling

Cultivation of soybean at low temperature

– The emergence of soybeans in the presence of biostimulants and various phosphorus fertilizers

Stina Moritz

Handledare: Anna Mårtensson, institutionen för mark och miljö, SLU

Biträdande handledare: Fredrik Fogelberg, RISE

Examinator: Sigrun Dahlin, institutionen för mark och miljö, SLU

Omfattning: 30hp

Nivå och fördjupning: Avancerad, A2E

Kurstitel: Självständigt arbete i Markvetenskap

Kurskod: EXo881

Program/utbildning: Agronomprogrammet mark/växt, 270 hp

Kursansvarig institution: mark och miljö

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2019

Serietitel: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU

Delnummer i serien: 2019:15

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Växtnäring, Trichoderma harzianum T-22, Trichoderma polysporum och Trichoderma atroviridae, Trianum-P, Binab TF WP

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för mark och miljö

Sammanfattning

Begränsningar i sojaodling är förknippat med uppkomst som i sin tur är beroende av marktemperaturen. Syftet med denna studie är att förbättra uppkomsten av soja vid låg temperatur vid tillförsel av biostimulering samt vid olika fosfornivåer. Sojabönors tillväxt kan påverkas av både temperatur och P-tillgång och stressen som soja utsätts för vid låg temperatur kan även bli värre vid P-brist. Även biostimulerings effekt på uppkomst hos soja har undersökts eftersom biostimulering kan förbättra utveckling hos växter samt förbättra växters anpassning till abiotisk stress.

Under studien genomfördes växthusförsök med olika sorter av soja, Tundra och Midori Giant, olika biostimulerande organismer, Trianum-P som innehåller *Trichoderma harzianum* och Binab TF WP som innehåller *Trichoderma polysporum* och *Trichoderma atroviridae*. Biostimulering gav generellt sett inte så stor effekt på uppkomsten av sojabönor och det kan eventuellt bero på inokuleringsmetoden. Binab TF WP kan eventuellt ge fler skott och ökad ts vikt.

Under studien användes även olika mängd mineralgödsel och organiskt gödselmedel. Fosfornivåerna under försöket var 0,5, 2, 16, 30 mg P/100g lufttorr jord. Resultaten från studien visade att det var generellt sett bra uppkomst vid 0,5-2 mg P/100 g lufttorr jord. Under försöket observerades inte särskilt tydliga indikationer på att P har en betydande effekt på uppkomsten hos sojabönor vid låg temperatur. Skillnad i uppkomst under försöket beror antagligen på andra faktorer än mängden tillförd fosfor. Uppkomst hos sojabönor gynnades antagligen av att det fanns organiskt material i vissa jordar. Medan sojabönorna som odlats med mineralgödsel, 16 och 30 mg P/100g lufttorr jord antagligen utsattes för saltstress.

Nyckelord: sojaböna, uppkomst, temperatur, växtnäring, fosfor, biostimulering, *Trichoderma harzianum* T-22, *Trichoderma polysporum*, *Trichoderma atroviridae*, Trianum-P, Binab TF WP.

Abstract

Limitations of soybean cultivation are usually associated with emergence, which is dependent on the soil temperature. The object of this study is to improve emergence of soybean using biostimulation and different levels of P when temperatures are below optimal. The focus has been on P in this study since soybean growth is affected by both temperature and P supply. The stress that soy is exposed to at low temperatures may increase during P deficiency. The effect of biostimulation on the emergence of soy has also been investigated during this study since biostimulation may improve the development of plants and plants adaptation to abiotic stress.

Greenhouse trials were conducted with different soybean varieties, Tundra and Midori Giant, various organisms for biostimulation Trianum-P containing *Trichoderma harzianum* and Binab TF WP containing *Trichoderma polysporum* and *Trichoderma atroviridae*. In general, biostimulation did not have as much effect on the emergence of soybeans, and this may be due to the inoculation method. Binab TF WP may give more shoots and increase dry matter weight.

Various amounts of mineral fertilizers and manure were also used during the greenhouse trials. The phosphorus levels during the experiment were 0.5, 2, 16, 30 mg P/100g dry soil. The results of the study showed a generally good emergence at 0.5-2 mg P/100 g dry soil. There were not very clear indicators that phosphorus has a great effect on the emergence of soybean during low temperatures. The difference in emergence during the experiment may depend on other factors than different phosphorus levels. Emergence of soybeans were probably benefited by the organic material in some soils. Soybeans grown with mineral fertilizers, 16 and 30 mg of P/100g dry soil were probably exposed to salinity stress.

Keywords: soybean, emergence, temperature, nutrients, phosphorus, biostimulation, *Trichoderma harzianum* T-22, *Trichoderma polysporum*, *Trichoderma atroviridae*, Trianum-P, Binab TF WP.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Begränsningar vid odling av sojabönor är ofta förknippat med när soja börjar växa vilket i sin tur beror på temperaturen i marken. Syftet med studien har varit att undersöka sojabönor under ett tidigt stadium när temperaturen är lägre än vad som är optimalt för sojabönor. Under studien har biostimulering och fosfor har använts för att ge sojabönorna en bättre start när temperaturen är lägre än optimalt. Vid odling av grödor behövs växtnäring och mängden näring kan påverka hur grödor växer och utvecklas. De näringsämnen som är viktiga för växter är kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) och vid brist kan det bli sämre tillväxt hos grödor. Sojabönors tillväxt påverkas både av temperatur och mängden fosfor så därför har även fosfor undersökts. Vid låg temperatur utsätts sojabönor för stress och denna stress kan bli värre vid fosforbrist. Däremot kan biostimulering förbättra växters tolerans mot stress. Biostimulering är produkter som stimulerar liv men inte innehåller växtnäring.

Under studien odlades sojabönor i växthus och då undersöktes olika sorter av sojabönor, Tundra och Midori Giant och olika biostimuleringsprodukter, Binab TF WP och Trianium-P. Tillförd biostimulering gav generellt sett så stor effekt och det kan eventuellt bero på metoden som användes vid sådd. Binab TF WP eventuellt kan ge fler småplantor och kan även medföra att de väger mer.

Under försöket användes också olika mängd växtnäring i form av mineralgödsel eller organiskt gödselmedel. Under försöket observerades inte särskilt tydliga indikationer på att fosfor har en betydande effekt på uppkomsten hos sojabönor under ett tidigt stadium vid låg temperatur. Skillnaden mellan sojabönorna beror antagligen på andra faktorer än mängden växtnäring. Uppkomst hos sojabönor gynnades antagligen av att det fanns organiskt material i vissa jordar. Medan de sojabönor som fick mest mineralgödsel antagligen utsattes för saltstress.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Figurförteckning	8
Förkortningar	10
1 Inledning	11
2 Bakgrund	13
2.1 Sojabönans användningsområden	13
2.1.1 Soja i Sverige	14
2.2 Sojabönors krav på markens egenskaper	14
2.3 Groning och uppkomst	15
2.3.1 Markens inverkan på sojabönors groning och uppkomst	16
2.3.2 Temperaturen inverkan på groning och uppkomst	17
2.3.3 Tidig sådd av soja	18
2.4 Växtnäring	18
2.4.1 Kväve	18
2.4.2 Fosfor	19
2.4.3 Kalium	20
2.4.4 Gödslingsrekommendationer soja	20
2.4.5 Stallgödsel	22
2.5 Biostimulering	22
3 Syfte och frågeställningar	23
4 Material och metod	24
4.1 Biostimulanter effekt på uppkomst av soja vid 2, 16 och 30 mg P/100 g torr jord (mineralgödsel)	27
4.2 Biostimulanter effekt på uppkomst av soja vid 0,5 och 2 mg P/100g torr jord (organiskt gödselmedel och mineralgödsel)	27
5 Resultat	29
5.1 Biostimulanter effekt på uppkomst av soja vid 12,6°C och 2, 16 och 30 mg P/100 g torr jord (mineralgödsel)	31
5.2 Biostimulanter effekt på uppkomst av soja vid 14,2°C och 0,5 och 2 mg P/100g torr jord (organiskt gödselmedel och mineralgödsel)	34

6	Diskussion	37
6.1	Utvärdering av metod	37
6.2	Resultatdiskussion	39
7	Slutsatser	43
7.1	Fortsatta studier	44
	Referenslista	46

Tabellförteckning

Tabell 1 Rekommenderad gödselgiva till sojabönor.	20
Tabell 2 Växtnäringsinnehåll i olika gödselslag (Jordbruksverket 2018).	21
Tabell 3 Mängden växtnäring som bortförs vid sojaodling. *Beräknat på en hög skörd, 4 ton/ha.	21
Tabell 4 Näringsinnehåll i S-jord.	25
Tabell 5 Förkortning på jordar som använts under växthusförsöket och tillförd mängd Yara PK 11-21 per kruka och mg P/100 g torr jord, värdena är beräknade. K står för kogödsel och H står för hönsgödsel. Total N och C koncentrationerna bestämdes genom torrförbränning enligt ISO 13878(1998) med en elementanalysator för markprover (Trumac CN, Leco corp, S:t Joseph, MI, USA)	25
Tabell 6 Överblick av försöksupplägget.	27
Tabell 7 Överblick av försöksupplägget.	27
Tabell 8 Näringsinnehåll i organiskt gödselmedel som använts i växthusförsöket. Information är ifrån innehållsförteckningar. Simontorp kogödsel från Weibulls och hönsgödsel från Hasselfors garden.	28
Tabell 9 Jämförelse av genomsnittlig andel (%) grodda sojafrön med olika behandlingar på de olika jordarna varför sig vid 12,6°C. De med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p < 0,05$).	29
Tabell 10 Jämförelse av genomsnittlig andel (%) grodda sojafrön med kontrollbehandling på olika jordar vid 12,6°C. De med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p < 0,05$).	30
Tabell 11 Andelen (%) sojafrön som har grott i genomsnitt uppdelat i olika behandlingar, jordar samt sorter vid 14,2°C.	30
Tabell 12 Ts vikt (g) i genomsnitt hos de olika leden. Vid jämförelse av ts vikt (g) i genomsnitt hos soja med kontrollbehandling på de olika jordarna fanns signifikanta skillnader. De med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p < 0,05$).	32
Tabell 13 Ts vikt (g) i genomsnitt hos de olika leden. Vid jämförelse av ts vikt (g) i genomsnitt hos soja med olika behandlingar på de olika jordarna varför sig fanns signifikanta skillnader. De med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p < 0,05$).	35
Tabell 14 Max-, min- och medeltemperatur i växthuset under delförsöken.	37

Figurförteckning

- Figur 1 Sojabönors tidiga utveckling av stam (hypokotyl) och hjärtblad (kotelydon) samt rötter. T.V. sorten Tundra, T.H. sorten Midori Giant. 16
- Figur 2 Uppkomna sojabönor på olika jordar i studien. T.V. sandjord med kogödsel som innehåller mycket torv, T.H. sandjord. 17
- Figur 3 Antal skott per kruka i genomsnitt av soja med kontrollbehandling på olika jordar dag för dag. Sorten är TD, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av antalet skott på de olika jordarna skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p<0,05$). 31
- Figur 4 Antal skott per kruka i genomsnitt av soja med kontrollbehandling på olika jordar dag för dag. Sorten är MG, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av antalet skott på de olika jordarna skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p<0,05$). 32
- Figur 5 Antal skott per kruka i genomsnitt dag för dag. Sorten är TD, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Det var ingen signifikant skillnad när soja med biostimulering jämfördes med kontroll på de olika jordarna var för sig. 33
- Figur 6 Antal skott per kruka i genomsnitt dag för dag. Sorten är MG, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Det var ingen signifikant skillnad när soja med biostimulering jämfördes med kontroll på de olika jordarna var för sig. 33
- Figur 7 Antal skott per kruka i genomsnitt av soja med kontrollbehandling på olika jordar dag för dag. Sorten är TD, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av antalet skott på de olika jordarna skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p<0,05$). 34
- Figur 8 Antal skott per kruka i genomsnitt av soja med kontrollbehandling på olika jordar dag för dag. Sorten är MGt, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av antalet skott på de olika jordarna skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p<0,05$). 35

Figur 9 Antal skott per kruka i genomsnitt dag för dag. Sorten är TD, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av soja med biostimulering med kontroll på de olika jordarna var för sig skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p < 0,05$). 36

Figur 10 Antal skott per kruka i genomsnitt dag för dag. Sorten är MG, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Det var ingen signifikant skillnad när soja med biostimulering jämfördes med kontroll på de olika jordarna var för sig. 36

Figur 11 Inställd temperatur och faktisk medeltemperatur under de olika delförsöken. 38

Förkortningar

MG	Midori Giant
P3	Sand med 30 mg P/100 g torr jord
PH	Sand med hönsgödsel 2 mg P/100 g torr jord
PK	Sand med kogödsel 0,5 mg P/100 g torr jord
S	S-jord och 30 mg P/100 g torr jord
P0	Sand med 0,5 mg P/100 g torr jord
P1	Sand med 2 mg P/100 g torr jord
P2	Sand med 16 mg P/100 g torr jord
TD	Tundra
MAP	monoammoniumfosfat
ts	torrsbstans
vol	volym
T-22	<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai strain KRL-AG2

1 Inledning

Till Sverige importeras soja i stor utsträckning (Fogelberg 2009a). Soja importeras bland annat från Sydamerika och där har produktionen en stor miljöpåverkan på grund av bland annat avverkning av Amazonasskogen och jorderosion (Heimer 2010). Så därför kan det vara värt att undersöka möjligheten till en inhemsk produktion i Sverige. Sojaodling i Sverige har ett otjänligt dåligt rykte, det finns mer eller mindre dagsneutrala sorter (Petersen & Thomsen 2010) och det går att odla soja till full mognad ända upp till Mälardalen i Sverige (JTI 2016). Däremot är det viktigt att annuella grödor hinner gro, växa, blomma samt mogna inom en odlings-säsong (Kumudini 2010) och i Sverige mognar soja sent, i slutet av september till mitten av oktober (Fogelfors 2015; Linnskog Rudh 2018). Det finns därför en risk för att sojabönan inte mognar innan det blir för kallt och då uteblir skörden helt och hållet (Linnskog Rudh 2018). Ett av de stora problemen med sojaodling i Sverige är dess långa växtodlingssäsong, maj-oktober (Fogelfors 2015). Anledningen till att soja sås så pass sent är att det är en växt som föredrar varma jordar och det är inte rekommenderat att odla soja förrän marktemperaturen är minst 10°C (ibid.). Groning av frön samt etablering är generellt sett viktigt för överlevnad och tillväxt hos grödor. Groning och etablering av soja kan påverka hur jämnt och tätt beståndet blir. (Moshtaghi-Khavarani, Saeid & Nasser 2014). Begränsningar i sojaodling är ofta förknippat med groning och uppkomst hos soja som i sin tur påverkas av marktemperaturen i stor utsträckning (Tyagi & Tripathi 1983). I den här studien har fokuset legat på groning och uppkomst hos soja vid temperaturer under optimala.

Under studien har fokuset legat på P. Fosforbehovet hos soja är mindre än behovet av N och K, däremot är P viktig för snabb tillväxt och bra utveckling hos soja (Rao & Reddy 2010). Enligt Singh et al. (2018) saknas rapporter om hur soja svarar på både temperatur och P. Det är även ont om rapporter på hur P påverkar uppkomst hos soja vid låg temperatur (ibid.). P effekt på uppkomsten undersöktes eftersom sojabönors tillväxt bland annat påverkas av P-tillgång (Singh et al. 2016). P kan tänkas ha en effekt på uppkomst eftersom P är viktig för snabb tillväxt och bra utveckling hos sojaplantan samt rotsystemet (Rao & Reddy 2010). Vid låg temperatur och P-brist kan det ske minskning i biomassa och fotosyntes hos sojaböna (Singh et al. 2018). Stressen som soja utsätts för vid låg temperatur kan leda till begränsningar i tillväxt och nettofotosyntes vid P-brist (ibid.).

En effektiv användning av P är viktig för att minska mängden P i ytvatten och är även en viktig del i att göra jordbruket mer hållbart (Timlin et al. 2017). Löslig P som når ytvatten genom avrinning och urlakning och det kan leda till övergödning (ibid.). Stallgödsel kan göra P extra rörligt på grund av de organiska syrorna och det organiska materialet i gödseln (Eriksson et al. 2011).

I dagsläget sker en del fältförsök och än så länge odlas soja i en väldigt liten omfattning i Sverige. Det finns dock en potential att odla soja för humankonsumtion i Sverige men det behövs vidare studier i att utveckla fungerande odlingssystem och produktionskedjan, från jord till bord.

2 Bakgrund

Sojaböna tillhör släktet *Glycine* och familjen *Fabaceae*. Sojaböna (*Glycine max* (L.) Merrill) är en uppstående årlig gräs med ett buskigt utseende (Mishra & Verma 2010).

2.1 Sojabönans användningsområden

Sojaböna är en globalt viktig gräs. Sojaböna är även en av de mest odlade grödorna och odlas i flera delar av världen. Sojaböna är en viktig proteinkälla som även innehåller vegetabilisk olja (Conner et al. 2004). Proteinhalten i sojaböna är ca 40% och sojaböna innehåller ca 20% olja (Heimer 2010). Jämförelsevis har spannmål normalt en proteinhalt på 10-13 % (ibid.). Protein och olja från sojaböna används till livsmedel, foder och industri (Conner et al. 2004). Inom industrin används sojaprotein till läkemedel, bläck, tvättmedel, fibrer och lim (Heimer 2010). I livsmedel finns sojaböna i form av sojamjöl, matolja och konsistensgivare. Sojaböna kan även ätas hela och det finns även sojaprodukter så som sojamjolk, tempeh och tofu. Användning av soja har ökat de senaste åren i svenska hushåll (ibid.) Baljväxter innehåller förutom protein flera viktiga mineraler och folsyra (vitamin B9) (ibid.). Sojabönans protein består till viss del av aminosyran lysin som är en essentiell aminosyra för både människor och djur (ibid.).

Det sker en stor import av soja till Sverige cirka 250 000-350 000 ton sojaprodukter per år (Lundahl 2013; Fogelberg 2009a). Större delen av den importerade sojan kommer ifrån Sydamerika och USA vilket har en stor negativ miljöpåverkan (Stolt 2013). Den importerade sojan går till foder i stor utsträckning (Fogelberg 2009a), hela 90% går till foder (Heimer 2010). För att föda upp djur och producera animaliskt protein behövs foder med vegetabiliskt protein (Heimer 2010). Soja används främst som proteinfoder inom mjölk- och köttproduktion (höns och grisar). Sojamjöl innehåller 50% protein och lite fett och sojamjöl i djurens foderstater ger hög mjölkproduktion eller tillväxt. Svenska Lantmännen importerar och använder cirka 180 000 ton sojamjöl årligen och Svenska Foder använder ungefär 63 000 ton so-

jamjöl årligen. Svensk mjölk, Svenska ägg och Svensk fågel är branschorganisationer som inte tillåter GMO och därför finns det en stor efterfrågan på icke genmodifierad soja i Sverige (ibid.).

2.1.1 Soja i Sverige

Soja härstammar från Asien och på slutet av 1800-talet började soja odlas i stor omfattning i Europa och USA (Heimer 2010). Det går även att odla soja i Sverige och soja går att odla till full mognad ända upp till Mälardalen (JTI 2016). Det är dock i en väldigt liten omfattning som soja odlas i Sverige, på ungefär 50 - 60 hektar (Lundahl 2013). En begränsning med att odla soja i Sverige är att de är värmeälskande (Fogelberg 2009a) och vanligen odlas i områden med temperatur mellan 10-40°C (Rao & Reddy 2010). Soja växer bra i varma lägen så därför kan exempelvis Skåne, Öland och Mälardalen vara lämpliga platser för sojaodling (Stolt 2013). Enligt Linnskog Rudh (2018) går det att odla soja på lätta jordar med hög marktemperatur i södra Sverige samt på Öland och Gotland. Provodlingar av år 2006 och 2007 på Öland och i Skåne samt år 2008 på Öland gav skördar på 1,6 ton/ha (Fogelberg 2009a). Enligt Fogelfors (2015) ligger sojaskördar på 1,5-2,5ton/ha.

Sen gammalt finns det en negativ inställning till att odla soja i Sverige på grund av provodlingar under 1970-talet med dåliga resultat (Fogelberg 2009a). Redan 1941 skedde provodlingar av soja i Sverige och 1950 kom den svenska sojasorten FIS-KEBY III (ibid.). Soja är en kortdagsväxt (Hicks 1978) d.v.s. kort dagslängd behövs ofta för att soja ska blomma (Fogelberg 2009a) och i Sverige kan dagslängden vara lång under sommaren (SMHI 2019c). Hur lång mörkerperiod som behövs för blomning varierar dock hos olika sorter (Rao & Reddy 2010). Det finns sorter som är mer eller mindre dagsneutrala (Petersen & Thomsen 2010). Sojasorter delas in i 13 olika grupper beroende på vilken odlingszon sorterna är anpassade för (Fogelberg 2009a). Gruppen 000 innehåller tidiga och köldtåliga sorter och därför kan de lämpa sig för odling i Sverige (Fogelberg 2009a; Fogelfors 2015).

2.2 Sojabönors krav på markens egenskaper

De bästa jordarna för sojaodling är relativt lätta jordar som är väl-dränerade och mullhaltiga till mullrika (Bingefors & Hammar 1978). Sojabönor odlas fördelaktigen på luckra jordar med god struktur som innehåller tillräckligt med vatten (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011). Styva leror och packad jord bör undvikas vid odling av soja (Fogelberg 2009b; Fogelfors 2015). Även lätta jordar och sandjordar kan bli svåra att odla soja på eftersom de har begränsad vattenhållande förmåga (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011) och soja är känslig för torka (Fogelberg 2009b). Det är särskilt viktigt med tillgång på vatten under blomning och baljsättning (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011; Fogelfors 2015). Eftersom sådd av soja sker sent är det viktigt att jorden behåller markfuktigheten vid jordbearbetningen (Bingefors & Hammar 1978). Sand- och grovmojordar torkar snabbt upp på våren

och bör bearbetas tidigt innan det avgår för mycket vatten (Eriksson 1983). Finmo- och mjälajordar har bättre vattenhållande kapacitet och kan därför bearbetas senare, däremot finns det risk för erosion (ibid.).

Sojabönor tolererar pH mellan 5,5 - 8,5 (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011) och optimalt pH för sojabönor är 6 - 6,5 (Rao & Reddy 2010; Vickers 2016; Koivisto 2016). Vid optimalt pH är växtnäring tillgängligt för sojabönan och det sker även maximal N-fixering (Vickers 2016).

Sojabönor har en kraftig rot och för god rottillväxt och utveckling av nodulerna behövs en jord som inte är för sur eller salt och med bra innehåll av luft och vatten samt tillräckligt med växtnäring (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011). Jordar med porositet på 55 - 60 % där kapillära porer fylls med vatten och stora porer fylls med luft anses vara det bästa vid odling av soja. Luft behövs för respiration hos roten och till de N-fixerande bakterierna (ibid.). För mycket vatten kan begränsa rotens syretillgång (Hicks 1978).

2.3 Groning och uppkomst

Vid gynnsam marktemperatur och markfuktighet bryts frövilan och fröet tar upp vatten och börjar gro (Kumudini 2010). När skalet på fröet och embryot har tagit upp tillräckligt med vatten bryts fröskalet av en primär rot som sedan växer nedåt i jorden (ibid.). Sidorötter utvecklas snabbt från den primära roten och det utvecklas även rothår på rotsystemet (Monsanto 2016). Fröets stam (hypokotyl) och hjärtblad (kotelydon) växer uppåt genom att hypokotylen förlängs och bryter så småningom igenom markytan (Kumudini 2010). Uppkomststadiet är när kotelydonen är ovan markytan. Ovan markytan blir kotelydonen grön och börjar fotosyntetisera (fig.1), då får plantan näring från både fotosyntesen och den lagrade näringen i kotelydonen (ibid.). När kotelydonerna är öppna syns epikotylen som bland annat består av små blad (fig.1) (Monsanto 2016).



Figur 1 Sojabönors tidiga utveckling av stam (hypokotyl) och hjärtblad (kotelydon) samt rötter. T.V. sorten Tundra, T.H. sorten Midori Giant.

2.3.1 Markens inverkan på sojabönors groning och uppkomst

Vid syrebrist sker inte groning av sojabönor (Purcell 2014). För optimal groning är det viktigt med tillräcklig markfuktighet och bra kontakt mellan frö och såbotten (Monsanto 2016). Både mängden fukt i marken och marktemperaturen kan påverka groning och uppkomst (Tyagi & Tripathi 1983). En studie visade att vid 12°C och 15 % markfuktighet grodde 50 % av sojabönorna men vid 20 % markfuktighet grodde endast 20 % av sojabönorna. Vid lägre fuktighet grodde inga sojabönor alls vid 12°C marktemperatur (ibid.).

Torra eller packade jordar kan hämma groning och uppkomst hos sojabönor (Monsanto 2016). Skorpbildning kan uppstå på finkorniga jordar men även om det finns lite växtrester i markytan och på jordar med lågt innehåll av organiskt material (fig.2) (ibid.). Skorpbildning och igenslamning kan uppstå vid upptorkning efter kraftigt regnfall på struktursvaga jordar som t.ex. mo- och mjälajordar samt lätta mellanleror och lättleror (Persson 1977). Detta kan resultera i försämrade etablering om detta sker innan uppkomst (ibid.). Sker sådd av soja i torr jord med regnfall kort efter kan det uppstå skorpbildning (Monsanto 2016). Har en skorpa bildats kan uppkomst försenas eller utebli. Sojabönornas hypokotyl kan svälla upp eller går sönder när de försöker bryta skorpan. Om hypokotylen går sönder är det endast en liten

chans att plantan överlever (ibid.). Skadade kotelydoner ger sen uppkomst och långsam tillväxt (Egli 1993).



Figur 2 Uppkomna sojabönor på olika jordar i studien. T.V. sandjord med kogödsel som innehåller mycket torv, T.H. sandjord.

Hur aggregatstorlek påverkar uppkomst hos soja har undersökts av Braunack (1995). När olika storlekar på aggregat jämfördes visade soja tendenser på mer uppkomst i såbädd med 1-2 mm aggregat jämfört med såbädd med aggregatstorlek på 5-15mm.

2.3.2 Temperaturen inverkan på groningen och uppkomst

Begränsningar i sojaodling är förknippat med groningen och uppkomst hos soja som i sin tur påverkas av marktemperatur i stor utsträckning (Tyagi & Tripathi 1983). I varm jord har soja snabb groningen och utveckling (Fogelberg u.å.). Optimal marktemperatur för soja är 20-22°C (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011). Under korta perioder kan soja tolerera en temperatur på -2,8°C (Koivisto 2016) och små sojaplantor klarar även av kortvarig frost (-7°C) utan att ta större skada (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011). Sådd i kall jord med hög vattenhalt kan resultera i minskad groningen eftersom fröna kan ta skada av att ta upp kallt vatten (Endres 2016). Rekommendation för sådd av soja är när marktemperaturen ligger på 10°C eller högre (Bingefors & Hammar 1978; Fogelfors 2015; Koivisto 2016).

Temperaturer som är lägre än optimalt för sojabönor resulterar ofta i minskad ackumulation av biomassa och kolassimilering (Singh et al. 2018). När plantan utsätts för stress går det att förutse en förändring hos plantans tillväxt och växtens växtnäringens användning (ibid.). Exempel på förändring hos tillväxt är att sojabönans hypokotyl förlängs väldigt långsamt vid 10°C (Tyagi & Tripathi 1983).

Temperatur påverkar uppkomsttid hos soja. Enligt Miladinovic, Hrustic & Vidic (2011) tar det 20-25 dygn för uppkomst hos soja när marktemperaturen är 8-10°C. Uppkomst sker efter 6-7 dygn vid optimal temperatur, 20-22°C enligt Miladinovic, Hrustic & Vidic (2011) och inom en vecka vid 21-32°C enligt Monsanto (2016).

2.3.3 Tidig sådd av soja

Soja odlad i Sverige har en lång växtperiod på 140-150 dagar (Stolt 2013). Sådd av soja sker enligt Linnskog Rudh (2018) i slutet av april-början av maj. Enligt Fogelfors (2015) är marktemperaturen över 10°C den 15-25 maj. I maj ligger medeltemperaturen på 10-11°C i de större delarna av södra Sverige enligt temperaturdata från år 1961-1990 (SMHI 2019a). Medeltemperaturen varierar dock, i Mälardalen ligger medeltemperaturen på ungefär 10°C och i västra Skåne ligger medeltemperaturen på ca 11°C medan medeltemperaturen på Gotland ligger runt 9°C.

En tidig sådd av sojabönor är att föredra, dock inte så tidigt att de kan ta skada av kallt väder eller frost (ISA u.å.). En väldigt sen sådd kan resultera i lägre skörd det vill säga färre baljor per hektar (ibid.). År 2011 odlades soja på Öland med varierade sådatum mellan 9 maj och 7 juni (Fogelberg u.å.). Försöket på Öland varierade avkastningen mellan 1,3-2,4 ton/ha och högst avkastning hade soja som var sått den 25 maj (ibid.). Försök i North Dakota visade att det inte lönar sig med att vänta för länge med sådd av soja, då det var en signifikant högre skörd vid tidig sådd jämfört med sådd som skedde två veckor senare (Teboh 2017). En fördel med en tidig sådd av soja är att en längre tillväxttid möjliggör att grödorna ackumulerar mer biomassa (ibid.). Ett annat försök i North Dakota visade att tidig sådd av soja, 10-29 dagar tidigare än normalt gav en genomsnittlig merskörd på 9% (Endres 2016). Tidig sådd medförde bland annat förbättrad konkurrens mot ogräs, snabbare täckning av marken samt att markfukten stannade kvar i marken i större utsträckning (ibid.).

2.4 Växtnäring

Mängden näring som är tillgänglig i marken kan påverka hur grödor växer och utvecklas. De näringsämnen som växterna behöver i störts mängd är N, P och K och vid brist kan tillväxten hos grödor påverkas (Warncke, Dahl & Jacobs 2009). Fosforbehovet hos soja är mindre än behovet av N och K, däremot är P viktig för snabb tillväxt och bra utveckling hos soja (Rao & Reddy 2010).

2.4.1 Kväve

Kväve är ett viktigt näringsämne och det behövs till aminosyror som i sin tur används till protein, klorofyll och nukleinsyra (Rao & Reddy 2010). Sojabönor kan använda sig av N ifrån mineralisering, gödsel samt från atmosfären (ibid.). Kväve tas upp från atmosfären och omvandlas till växttillgängligt N i noder på sojaplantans rötter (Rao & Reddy 2010; Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011; Fogelfors 2015). Noder bildas hos växten när de uppstår symbios mellan sojaplantan och den N-fixerande bakterien *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan 1982; Rao & Reddy 2010; Patil & Alagawadi 2010; Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011). *Bradyrhizobium japonicum* använder kvävgas (N₂) från luften för att bilda NH₄⁺ som växterna kan ta upp och får energi i utbyte från växten (Miladinovic, Hrustic & Vidic

2011). Soja tar upp 65-85% av sitt N-behov från luften (Rao & Reddy 2010). Hur mycket N som tas upp från luften beror på mängden NO_3^- i jorden, mindre NO_3^- i jorden ger mer fixering av N_2 från luften och vice versa (Kaiser 2018).

För att sojaplantorna ska kunna fixera N är det viktigt att inokulera utsädet med *B. japonicum* vid sådd (Fogelberg 2009b). I Sverige där soja inte är vanligt förekommande är det viktigt med ympning för att det ska bli en bra skörd (Fogelberg 2014). Inokulering av *B. japonicum* utförs enkelt genom att applicera bakterien direkt på utsädet (Fogelberg 2009b).

2.4.2 Fosfor

Fosfor kan påverka biomassaackumulation, fotosyntes samt skörd (Singh et al. 2018.). Den största delen av plantans tillväxt, mer än 90 % av biomassa kommer ifrån fotosyntesen och denna har därför stor påverkan på biomassaproduktionen (Timlin et al. 2017). Fosfor är även viktigt för glykolysen (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011). Fosfor behövs till energimetabolismen och N-fixering är en energikrävande process (Ahiabor et al. 2014). En studie visade att alltför hög P-koncentration (3,0 mM P) kan ha en negativ effekt på tillväxt hos sojaplanta och produktionen av noder (Tsvetkova & Georgie 2003). Studien visade även att antalet noder minskade vid P-brist (0,1 mM P) (ibid.).

Fosforbrist kan leda till minskad tillväxt hos soja samt lägre skördar (Singh et al. 2016). Soja tar upp mycket P när sojaplantan är i ett tidigt stadium (Miladinovic, Hrustic & Vidic 2011) och vid P-brist är det långsam utveckling av plantan (Campbell et al. 2011). Fosforbrist kan även påverka kolmetabolismen som i sin tur påverkar bladtiltväxten negativt och då också fotosyntesen (Timlin et al. 2017).

De lösliga fosfatjonerna H_2PO_4^- och HPO_4^{2-} kan bilda mer svårslösliga föreningar i marken (Fogelfors 2015). Om P tillförs i löslig form vid gödning finns det en stor risk att P adsorberas efter hand och blir svårtillgänglig för växterna. Hur mycket P som är tillgängligt för växten beror på hur bundna former av P mobiliseras samt hur mycket P som frigörs från organiskt material. Fosforkoncentrationen i marklösningen kan därför vara ganska låg, 0,3-3 mg P/liter när det är bra P-halter medan det kan vara lägre än så på ogödslad åkermark (ibid.). Fosforbrist kan uppstå på jordar med lågt innehåll av organiskt material (Benton Jones 2003). Det kan även bli P-brist på jordar med litet förråd av P (ibid.).

Låg tillgänglighet av P i marken kan ge begränsad tillväxt av både växt och rötter (Ahiabor et al. 2014). Vid tidig sådd av sojabönor, vid lägre temperatur än 10°C är tillgängligheten hos P låg (Teboeh 2017). Fosforbrist förvärrar stress vid låg temperatur och det kan leda till begränsningar i tillväxt och nettofotosyntes (Singh et al. 2018). En studie visade att vid lägre temperatur än vad som är optimalt för soja (22°C) fanns tendenser till en minskad biomassaproduktion vid optimal P-nivå. Vid låga P-nivåer observerades minskad biomassaproduktion först och främst vid låg temperatur jämfört med temperatur högre än optimalt för soja (ibid.).

2.4.3 Kalium

Sojabönor har ett stort behov av K och vid brist sker långsam utveckling och sojaplantorna får mindre vigor. Kaliumbrist kan även medföra att det utvecklas mindre antal baljor och mindre antal frön per balja (Benton Jones 2003). En balja innehåller oftast två till tre bönor (Koivisto 2016).

Det är vanligt förekommande med stora mängder K i svenska jordar men det kan ingå till stor del i primära mineral som vittrar långsamt (Fogelfors 2015). Kalium är som mest tillgängligt för växter när det är i utbytbar form som finns adsorberade markpartiklar (ibid.). På lätta jordar finns det endast ett litet K-förråd till skillnad från styva lerjordar (Eriksson et al. 2011). Därför finns det ett större behov av K-gödsling på lätta jordar (Fogelfors 2015). Mängden växttillgängligt K i marklösningen är ungefär 5 kg K/ha (ibid.). Kaliumbrist kan uppstå på jordar där K har utlakats samt när soja odlas i sandjord där modern materialet har ett lågt K-innehåll (Benton Jones 2003). Kaliumbrist kan även uppstå på jordar med lågt innehåll av organiskt material (ibid.).

2.4.4 Gödslingsrekommendationer soja

Vid odling av soja kan både mineralgödsel och stallgödsel användas (Zerkowski et al 2012; Fogelberg u.å.). Gödsling med P och K bör vara riklig vid odling av soja men N bör tillföras i mindre mängd, se tabell 1 (Bingefors & Hammar 1978). Vid odling av soja behövs även bor och magnesium tillföras till en viss del (Fogelberg u.å.). Eftersom sojabönor kan ta upp N från luften finns det sällan anledning till att använda N gödsel (Fogelberg 2009b; Zerkowski et al. 2012; Kaiser 2018). Användningen av N gödsel kan rent av hämma N-fixeringen och därför rekommenderas ingen N gödsel eller endast en liten mängd vid sådd (Rao & Reddy 2010).

Tabell 1 Rekommenderad gödselgiva till sojabönor.

P	K	N	Land	Referens
	kg/ha			
20-25	90-100	30	Sverige	Fogelfors 2015
23			USA, Nigeria	Teboh 2017; Chiezey & Odunze 2009
25-50	70-120	30	Europa	Fogelberg 2009b
		30-50	Indien	Rao & Reddy 2010
26-30	<249	50	Italien	Koivisto 2016

Tillförsel av stallgödsel kan medföra att det sker mindre N-fixering, dessutom blir inte allt tillfört N i form av stallgödsel tillgängligt för grödan utan N kan försvinna genom utlakning eller denitrifikation (Zerkowski et al. 2012). En rekommendation är att vid tillförsel av N gödsel till soja bör det inte den tillförda mängden vara mer än hälften av mängden N som bortförs vid skörd av soja (tab.3). För att undvika N förlust genom ammoniakavgång och avrinning bör gödsel myllas ner snabbt efter tillförsel (ibid.).

Ett försök visade att skörd av sojabönor var signifikant högre när de gödslats med hönsgödsel eller PK-gödsel jämfört med ogödslade sojabönor eller de som endast får N-gödsel. Sojabönor som gödslats med hönsgödsel gav störst skörd under försöket (Slaton et al. 2008).

Det är fördelaktigt om mängden näringsämnen i stallgödsel analyseras för att göra en bra bedömning av vilken mängd som ska tillföras (Zerkowski et al. 2012). Växtnäringsinnehåll hos olika gödselslag finns i tabell 2. Vid användning av stallgödsel kan det tillföras mer P än vad som bortförs (tab.3) (ibid.). På lång sikt är P i stallgödsel lika tillgängligt för växter som mineralgödsel, däremot på kort sikt är effekten av P i stallgödsel lägre jämfört med P i mineralgödsel, runt 60-70% (Jordbruksverket 2018). Stallgödselgiva vid odling av bönor bör vara max 15 ton/ha och år (Fogelberg 2008). Utifrån praktiska skäl kan fält gödslas med stallgödsel som förser grödor med växtnäring i mer än ett år men då är det viktigt att det blir rätt mängd P totalt sett under växtföljden (Jordbruksverket 2018).

Tabell 2 Växtnäringsinnehåll i olika gödselslag (Jordbruksverket 2018).

Djurslag	Gödseltyp	Växtnäringsinnehåll (kg/10 ton)		
		P	K	Tot-N
ko	Fastgödsel	15	50	52
	Djupströgödsel	15	100	54
	Flytgödsel 9%ts	6	38	43
höns	Fastgödsel höns 30 % ts	41	65	150
	Fastgödsel slaktkyckling 50 % ts	85	170	375

För att behövsanpassa mängden växtnäring till en gröda behövs förutom information om grödans gödselbehov information om marken (ibid.). Mängden fosfor- och kaliumgödsel som bör tillföras soja beror på mängde P och K i marken (Koivisto 2016). Information om växtnäring i marken kan fås genom markkartering vilket lämpar sig bra vid undersökning av P och K (Jordbruksverket 2018). Gödslingsrekommendationer tas vanligen fram utifrån mängden lättlöslig P och K som mäts med AL-lösning (ammoniumacetatlaktat) (ibid.). Vid skörd av soja sker bortförsel av P och K (tab.3) (Zerkowski et al. 2012). Skördens storlek påverkar hur mycket växtnäring som förs bort, vid höga skördar förs mycket bort och då är det större gödselbehov jämfört med lägre skördar (Jordbruksverket 2018).

Tabell 3 Mängden växtnäring som bortförs vid sojaodling. *Beräknat på en hög skörd, 4 ton/ha.

kg P/ha	Referens	kg K/ha	Referens
15-30	Miladinovic et al. 2011	66*	Zerkowski et al 2012
22*	Zerkowski et al 2012	82*	Fontanelle 2018
23*	Helmers 2019	85*	Helmers 2019
25*	Fontanelle 2018	125	Rao & Reddy 2010

Det finns indikationer på att tillförsel av P med radmyllning inte ger en ökad skörd av soja om det redan finns gott om P i marken (Krueger 2013).

2.4.5 Stallgödsel

Stallgödsel förbättrar jorden och kan tillföra grödan mer växtnäring och detta kan på sikt ge högre skördar (Zerkowski et al. 2012). När stallgödsel tillförs till odlingsmark kan det bli bättre infiltration av vatten, en ökad vattenhållande förmåga, en förbättrad struktur i marken samt en förbättrad katjonsutbyteskapacitet. Dessa faktorer medför en bättre cirkulation av växtnäring (ibid.). Stallgödsel kan möjligen förbättra mikrofloran i marken och det kan eventuellt i sin tur stimulera N-fixering och rotutveckling hos soja (Fogelberg 2009b).

2.5 Biostimulering

Biostimulering är ett brett begrepp som betyder en grupp komponenter som stimulerar liv eller gynnar växten utan att innehålla växtnäring (Hamza & Suggars 2001). Biostimulering används för att ge förbättrad utveckling, tillväxt och skörd samt minimera stress hos grödor (Kocira et al. 2017). Biostimulering kan förbättra växters anpassning till abiotisk stress (López-Bucio et al. 2015). Därför kan biostimulering vara användbart vid odling av sojabönor som är känsliga för abiotisk stress (Kocira et al. 2017). Biostimulering kan vara ett alternativt tillvägagångssätt när traditionella metoder såsom en bra växtföljd inte är tillräckligt (ibid.).

Trichoderma förbättrar tillväxten hos rötter och förbättrar näringsupptag samt växtens motståndskraft mot abiotisk stress (Khan & Mohiddin 2018). Abiotisk stress som kyla kan skada celler hos växter men *Trichoderma*-svampar som koloniserat växter förbättrar växtens tolerans mot abiotisk stress (López-Bucio et al. 2015). Potentiellt kan tillförsel av *Trichoderma*-svampar vara ett sätt att främja tillväxten för flertalet grödor (Verma et al. 2007; John et al. 2010; Tančić et al. 2013; Kuchlan, P., Kuchlan, M. & Ansari 2017; Khan & Mohiddin 2018). Bland annat kan *Trichoderma*-svampar förbättra tillväxten hos sojaplantan (John et al. 2010). *Trichoderma*-svampar kan ge en positiv effekt på groning (Tančić et al. 2013). *Trichoderma*-svampar kan stimulera växten och rotsystemet eftersom det bildas substanser som gynnar förgrening hos rötter och växtnäringupptag (López-Bucio et al. 2015). Detta förbättrar i sin tur tillväxt och skörd (ibid.). *Trichoderma* spp. tillfört till frön ökar lösligheten hos växtnäring (ibid.). Vid tidig sådd av sojabönor, vid lägre temperatur än 10°C är tillgängligheten hos P låg (Teboh 2017). *Trichoderma* spp. kan göra P mer lösligt (Khan & Mohiddin 2018). *Trichoderma*-svampar kan även ge ett skydd mot patogener som angriper växtrötter (Druzhinina et. al. 2011; Tančić et al. 2013; Koppertus 2018; Khan & Mohiddin 2018). Växtsjukdomar är dock inget större problem vid odling av sojabönor i Sverige (Fogelberg u.å.).

Enligt Kubicek och Harman (2002) kan produkter med *Trichoderma*-svampar tillföras utsäde eller jord. *Trichoderma harzianum* används innan frön gror och som fröbehandling (Kabaluk et al. 2010). En tidigare studie av *T. harzianum* effekt på patogen på sojarötter visade att fröbehandling gav större effekt jämfört med jordbehandling (Khaledi & Taheri 2016).

3 Syfte och frågeställningar

I denna studie undersöks möjligheterna till att odla soja i Sverige genom att undersöka uppkomsten. Studien fokuserar på hur soja kan få bättre etablering vid temperaturer som är lägre än den biologiskt optimala. Utformningen av studien är ett växt-husförsök med två delförsök med olika sorter av soja, biostimulering samt olika mängd mineralgödsel och organiskt gödselmedel. Syftet med studien är att undersöka om tillfört biostimulering och olika P-nivåer leder till fler antal skott samt ökad ts vikt hos sojabönor vid låg temperatur, 11,8°C.

Centrala frågeställningar är;

- Hur påverkar biostimulering uppkomsten av sojabönor vid låg temperatur?
- Hur påverkar mängden P uppkomsten av sojabönor vid låg temperatur?

Utifrån frågeställningar utformades följande hypoteser;

- Biostimulering förbättrar uppkomsten av sojabönor, (fler antal skott, väger mer) vid låg temperatur.
- Fosfor har en effekt på uppkomsten hos sojabönor (fler antal skott, väger mer) vid låg temperatur.

4 Material och metod

För att studera sojabönors uppkomst i närvaro av biostimulanter och olika P-nivåer utfördes växthusförsök. Vid undersökning av uppkomsten räknades antalet skott vars kotelydoner nått över markytan (fig. 2) en gång per dygn och vid avslut torkades och vägdes skotten för att få fram ts vikt (skott och rot). Till försöket användes växthus med area på 8 m² och försöket pågick under 20 dygn i båda delförsöken.

Temperaturen i växthuset reglerades med öppningsbara luckor. Lufttemperatur togs vart femte minut under hela perioden och medeltemperaturen beräknades med Excel. Medeltemperaturerna som nämns i rapporten är för luft. Medeltemperaturen i växthuset ställdes in på en medeltemperatur på 11,8°C. Under dagen var temperaturinställningen 15°C i 9 timmar för att efterlikna ungefärligt antal soltimmar i maj (SMHI 2019b). Växthusförsöket var uppdelat i två delförsök och delförsöken skilde sig åt i temperatur vilket inte var tanken. Resultatet är därför uppdelat utifrån de olika temperaturena.

Växtmaterialet utgjordes av två sorters soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ur 000-gruppen. Midori Giant (MG) som är en sort framtagen för edamamer och Tundra (TD) som är en stort framtagen för foder. Antalet dagar till mognad är 80 - 95 respektive 108 dagar för MG och TD (Prograin 2019; High Mowing Organic Seeds 2019). Båda sorterna användes under båda delförsöken. Innan genomförandet av växthusförsöken undersöktes de olika sorternas grobarhet. Hundra frön av varje sort placerades i petriskålar av plast med 3 lager papper i botten som fuktas. Petriskålarna fuktades dagligen med ungefär lika mycket vatten. Groningstestet varade under 18 dygn och medeltemperaturen var 18,4°C.

Under växthusförsöken odlades sojabönorna i plastkrukor (11*11*12 cm) från Göttinger med plastfat. Plastkrukor med plastfat under användes för att minska risken för kontaminering mellan krukor och tillförsel av näring från bänken. I varje kruka såddes 9 frön på 3 cm djup (Bingefors & Hammar 1978). Efter sådd placerades krukorna ut i växthuset. Under försöket användes mineraljord i form av natursand med kornstorlek 0 - 3 mm från Weibulls och planteringsjord (S-jord) från Hasselfors Garden. S-jorden består av finsiktad torvblandning som innehåller kalkdolomit och perlit (Hasselfors Garden u.å.). S-jorden har ett pH på 6 och ett växtnäringssinnehåll

enligt tabell 4. S-jorden innehåller även tillfört mineralgödsel i form av NPK 14-7-15 (ibid.).

Tabell 4 Näringsinnehåll i S-jord.

Näringsämne	g/m ³
Kväve (NO ₃) + (NH ₄)	125
Fosfor	65
Kalium	140
Kalcium	1800
Bor	0,3
Mg	220

Fosfornivåerna i studien var 0,5, 2, 16, 30 mg P/100g lufttork jord. Enheten som P mättes i samt mängden utgick ifrån olika P-AL klasser (Eurofin u.å.). Detta var för att jordarna skulle efterlikna jordar med olika P-AL tal. Fosfor tillfördes antingen i form av mineralgödsel (Yara PK 11-21) eller organiskt gödselmedel (ko- eller höns-gödsel). Mängden tillförd växtnäring till de olika jordarna finns i tabell 5. S-jorden fick kompletterande mineralgödsel för att det skulle vara lika mycket P i S-jorden som sandjorden med störst mängd P. Mängden tillförd mineralgödsel beräknades per kruka i genomsnitt. En kruka med torr S-jord vägde 203 g i genomsnitt och en kruka torr sand vägde 717 g i genomsnitt. Eftersom granulerad mineralgödsel användes mortlades kornen. Vid större givor användes både hela korn och mortlade korn medan vid små givor användes mortlade korn, därför varierade storleken på de tillförda korna. Till det första delförsöket blandades gödseln väl med hela jordvolymen och krukorna fick sedan stå 11 dagar innan sådd. Till det andra delförsöket blandades däremot gödseln i direkt före sådden och endast i de två (höns-gödsel och mineralgödsel) respektive sex (kogödsel) översta centimetrarna.

Tabell 5 Förkortning på jordar som använts under växthusförsöket och tillförd mängd Yara PK 11-21 per kruka och mg P/100 g torr jord, värdena är beräknade. K står för kogödsel och H står för höns-gödsel. Total N och C koncentrationerna bestämdes genom torrförbränning enligt ISO 13878(1998) med en elementanalysator för markprover (Trumac CN, Leco corp, S:t Joseph, MI, USA)

Mineralgödsel					
Jord	mg Yara PK 11-21	mg P/100 g torr jord	mg K/100 g torr jord	tot-C (%)	tot-N(%)
P0	4,5	0,5	0,95	0,051	<0,005
P1	130	2	3,8	0,072	<0,005
P2	1044	16	30,5	0,057	<0,005
P3	1957	30	57,3	0,052	<0,005
S	314	30	32,5	18,1	0,47
Organiskt gödselmedel					
Jord	Organiskt gödselmedel (g)	mg P/100 g torr jord	mg K/100 g torr jord	tot-C (%)	tot-N(%)
PK	4	0,5	6,25	4,31	0,18
PH	1,4	2	4	0,059	<0,005

Givorna mineralgödsel 4,5, 130, 1044, 1957, och 314 mg Yara PK 11-21/dm² motsvarar ungefär 0,5, 14,3, 114,8, 215,3 och 34,5 kg P/ha.

Innan sådd tillfördes biostimulering. Biostimulerings produkter som användes var Trianum-P som består av *Trichoderma harzianum* Rifai strain KRL-AG2 (T-22) (Koppertus 2018) och Binab TF WP som består av *Trichoderma polysporum* och *Trichoderma atroviridae*. Trianum-P och Binab TF WP valdes eftersom de innehåller *Trichoderma*-svampar (Kemikalieinspektionen 2019a; 2019b). Trianum P och Binab TF WP tillfördes i samma mängd, 5g till 225 frön. Kontrollen som användes var Binab TF WP som autoklaverades i 120°C i 20 minuter och mängden som användes var 5 g till 225 frön. De olika behandlingarna bandades väl med frön i plastpåsar precis innan sådd. Utsädet ympades även med HiStick som innehåller *B. japonicum* (Primomo 2002) precis innan sådd, 5 g till 225 frön.

Sojabönorna vattnades dagligen och fick ungefär lika mycket vatten så att de uppskattningsvis hade liknande fuktighet.

Vid avslut räknades antalet skott och antalet frön som grott och inte grott. De sojaplantor vars kotelydoner nått ovan markytan sköljdes sedan av med vatten och torkades i torkskåp i 60°C. Plantorna vägdes sedan för att få fram ts vikt (skott och rot)

Vid beräkning av groningen under växthuset försöken räknades antalet frön som grott men inte blivit skott samt de som blivit skott. Vid jämförelse av antalet skott har de som endast grott och de som ej grott uteslutits. Jämförelse av antalet skott dag för dag betyder att antalet skott jämförs med varandra en dag i taget och inte mellan dagar. I rapporten är antalet skott ett genomsnittligt värde, totala antalet skott i ett led delat på sex. Ts vikt (skott och rot) av de skott vars kotelydoner nått över markytan beräknades i genomsnitt. För att få fram genomsnittlig ts vikt per skott beräknades total ts vikt per kruka/antal skott. All insamlade data bearbetades i Excel. Resultaten har sedan analyserats i statistikprogrammet JMP Pro 13 (SAS Institute). Variansanalys användes (Analysis of Variance, ANOVA) för att undersöka om det var skillnad i medelvärde i olika led. Envägs analys användes och vid jämförelse av medelvärde användes Tukey-Kramer "honestly significant difference" (HSD) test. Signifikansnivån var satt på $p < 0,05$. Statistik togs fram för groningen i procent, ts vikt vid avslut, samt antalet skott dag för dag. För olika frågeställningar analyserades ett data set i taget. Skillnad i antalet skott, groningen i procent och ts vikt undersöktes på de olika jordarna. Även skillnad i behandling, sorter samt skillnad mellan olika medeltemperaturer undersöktes. Varje led upprepades sex gånger och krukorna flyttades om i växthuset och stod ej i block.

4.1 Biostimulanterns effekt på uppkomst av soja vid 2, 16 och 30 mg P/100 g torr jord (mineralgödsel)

Sandjord med tre olika P-nivåer 2, 16 och 30 mg P/100g lufttorr jord (P1, P2 respektive P3) samt S-jord (S) med 30 mg P/100g lufttorr jord användes vid detta delförsöket. Växtnäring tillfördes i form av mineralgödsel. Jorden P3 och S hade samma mängd P för att undersöka om det var fler faktorer än P-mängd som påverkade sojabönornas uppkomst. I varje jord planterades soja med behandling Binab TF WP (B) eller Trianum-P (TP) eller utan behandling (K). Två sorter användes, Tundra (TD) och Midori Giant (MG). För överblick av upplägget se tabell 6.

Tabell 6 Överblick av försöksupplägget.

Jord	Trianum P (TP)		Binab TF WP (B)		Kontroll (K)	
	Tundra (TD)	Midori Giant (MG)	Tundra (TD)	Midori Giant (MG)	Tundra (TD)	Midori Giant (MG)
P1	P1TPTD	P1TPMG	P1BTD	P1BMG	P1KTD	P0KMG
P2	P2TPTD	P2TPMG	P2BTD	P2BMG	P2KTD	P2KMG
P3	P3TPTD	P3TPMG	P3BTD	P3BMG	P3KTD	P3KMG
S	STPTD	STPMG	SBTD	SBMG	SKTD	SKMG

4.2 Biostimulanterns effekt på uppkomst av soja vid 0,5 och 2 mg P/100g torr jord (organiskt gödselmedel och mineralgödsel)

Fosfor tillfördes antingen i form av mineralgödsel eller organiskt gödselmedel (ko- eller hönsgödsel) under detta delförsöket. För överblick av upplägget se tabell 7. I varje jord planterades soja med behandling Binab TF WP (B) eller utan behandling (K). Två sorter användes, Tundra (TD) och Midori Giant (MG).

Tabell 7 Överblick av försöksupplägget.

Jord	Binab TF WP (B)		Kontroll (K)	
	Tundra (TD)	Midori Giant (MG)	Tundra (TD)	Midori Giant (MG)
P0	P0BTD	P0BMG	P0KTD	P0KMG
P1	P1BTD	P1BMG	P1KTD	P0KMG
PK	PKBTD	PKBMG	PKKTD	PKKMG
PH	PHBTD	PHBMG	PHKTD	PHKMG

Upplägget var så att för att få 0,5 mg P/100g torr jord användes mineralgödsel (P0) eller kogödsel (PK) samt sandjord och för att få 2 mg P/100g torr jord användes mineralgödsel (P1) eller hönsgödsel (PH) samt sandjord. Anledningen till att inte samma mängd P användes till alla led berodde på att de organiska gödselmedlen hade olika P-halt. Det hade antingen behövts väldigt stora mängder kogödsel eller väldigt små mängder av hönsgödsel för att få samma P mängd.

Kogödseln som användes under försöket var Simontorp kogödsel från Weibulls som består av torv och kogödselkompost. Kogödseln har ett pH på 6,2 och har ett växtnäringsinnehåll enligt tabell 8. Höns gödsel som användes under försöket var från Hasselfors Garden och är en torkad och pelleterad produkt med ett växtnäringsinnehåll enligt tabell 8.

Tabell 8 Näringsinnehåll i organiskt gödselmedel som använts i växthusförsöket. Information är ifrån innehållsförteckningar. Simontorp kogödsel från Weibulls och höns gödsel från Hasselfors garden.

<i>Näringsämne</i>	<i>Kogödsel mg/dm³</i>	<i>Höns gödsel g/dm³</i>
Total (N)	1660	4
Kväve (NO ₃) + (NH ₄)	154	0,3
Fosfor	20	1,3
Kalium	250	2

5 Resultat

De olika delförsöken hade olika medeltemperatur, 12,6°C respektive 14,2°C. För att undersöka om det var skillnad i uppkomst endast beroende på temperaturskillnaden jämfördes led (PIMGB, P1MGK, P1TDB, P1TDK, se tabell 6 och 7) som förekom i båda delförsöken. Det visade sig att det inte var signifikant skillnad i antalet skott eller ts vikt efter 20 dygn när de olika medeltemperaturerna jämfördes men resultatet delades ändå upp i de olika medeltemperaturerna.

Groningstestet visade en grobarhet på 92% hos Tundra (TD) och 48% hos Midori Giant (MG). Andelen frön (%) som grodde i genomsnitt i delförsök med medeltemperatur 12,6°C presenteras i tabell 9. Skillnad i genomsnittlig andel (%) grodda sojafrön fanns hos soja odlad på P3 jorden när olika behandlingar jämfördes på samma slags jord (tab.9). Av sorten TD var det signifikant större andel grodda frön med Trianum P behandling jämfört med Binab TF WP behandling, dock skiljer sig inte behandlingarna från kontrollen i detta led. Av sorten MG var det signifikant större andel grodda sojafrön med Binab TF WP behandling jämfört med kontrollen.

Tabell 9 Jämförelse av genomsnittlig andel (%) grodda sojafrön med olika behandlingar på de olika jordarna varför sig vid 12,6°C. De med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p < 0,05$).

TD					MG				
Behandling	Jord				Behandling	Jord			
	P1	P2	P3	S		P1	P2	P3	S
Kontroll	91	76	57 ^{AB}	96	Kontroll	96	82	18 ^B	95
Trianum P	96	74	63 ^A	96	Trianum P	89	85	37 ^{AB}	93
Binab TF WP	98	91	24 ^B	91	Binab TF WP	93	78	43 ^A	95

Genomsnittlig andel grodda sojafrön med kontrollbehandling skilde sig åt på de olika jordarna, se tabell 10.

Tabell 10 Jämförelse av genomsnittlig andel (%) grodda sojafrön med kontrollbehandling på olika jordar vid 12,6°C. De med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p < 0,05$).

TD		MG	
Jord	Medel (%)	Jord	Medel (%)
S	96 ^A	S	95 ^A
P1	91 ^A	P1	96 ^A
P2	76 ^{AB}	P2	82 ^A
P3	57 ^B	P3	18 ^B

Andelen sojafrön (%) som grodde i genomsnitt i delförsök med medeltemperatur på 14,2°C finns i tabell 11. I detta delförsök var det ingen skillnad i andel grodda sojafrön när soja med kontrollbehandling jämfördes på olika jordar. Det var inte heller någon skillnad i andel grodda sojafrön när olika behandlingar på samma slags jord jämfördes med varandra.

Tabell 11 Andelen (%) sojafrön som har grott i genomsnitt uppdelat i olika behandlingar, jordar samt sorter vid 14,2°C.

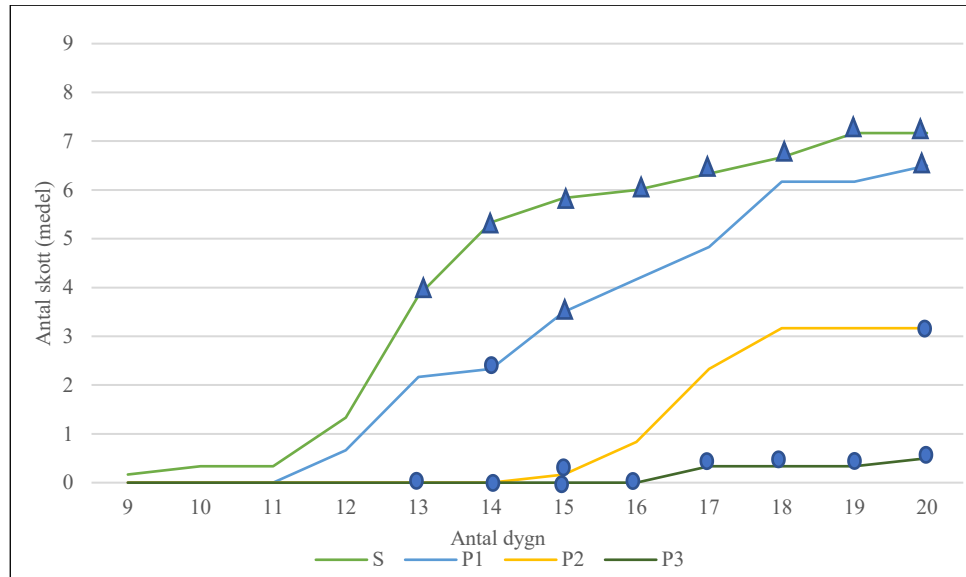
TD					MG				
Behandling	Jord				Behandling	Jord			
	P0	P1	PH	PK		P0	P1	PH	PK
Kontroll	96	85	100	96	Kontroll	93	93	96	94
Binab TF WP	98	98	94	100	Binab TF WP	93	94	96	96

Under båda delförsöken observerades skott ovan markytan efter 9 dygn. När medeltemperaturen var 12,6°C observerades de första skotten i S-jorden. Vid delförsök med medeltemperatur 14,2°C observerades de första skotten i jord med 2 mg P/100 g torr jord (P1 och PH).

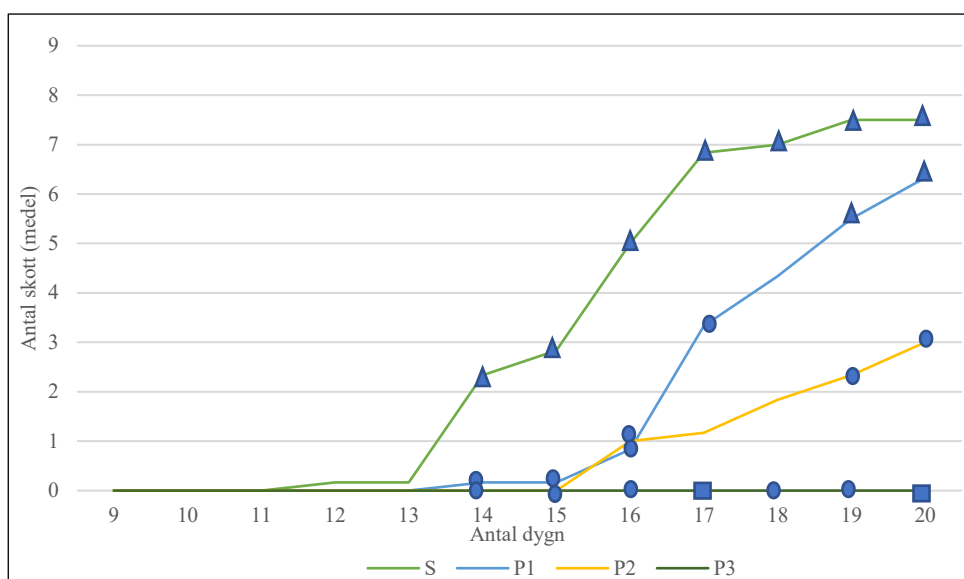
Det var signifikant fler skott av TD jämfört med MG mellan 13-15 dygn vid första delförsöket med medeltemperatur 12,6°C och mellan 11-17 dygn vid andra delförsöket när medeltemperaturen var 14,2°C. Mot slutet av försöken var det ingen skillnad mellan sorterna i antalet skott och vikt. Följande resultat är ändå uppdelat i de olika sorterna och vid jämförelse är det sojabönor av samma sort som jämförts.

5.1 Biostimulanterers effekt på uppkomst av soja vid 12,6°C och 2, 16 och 30 mg P/100 g torr jord (mineralgödsel)

Under delförsök med medeltemperaturen 12,6°C observerades vissa skillnader i antalet skott när soja med kontrollbehandling på olika jordar jämfördes med varandra (fig. 3 och 4). De första dygna var det ingen skillnad i antalet skott dag för dag. Senare observerades signifikanta skillnader, efter 13 dygn hos TD och 14 dygn hos MG.



Figur 3 Antal skott per kruka i genomsnitt av soja med kontrollbehandling på olika jordar dag för dag. Sorten är TD, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av antalet skott på de olika jordarna skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p < 0,05$).



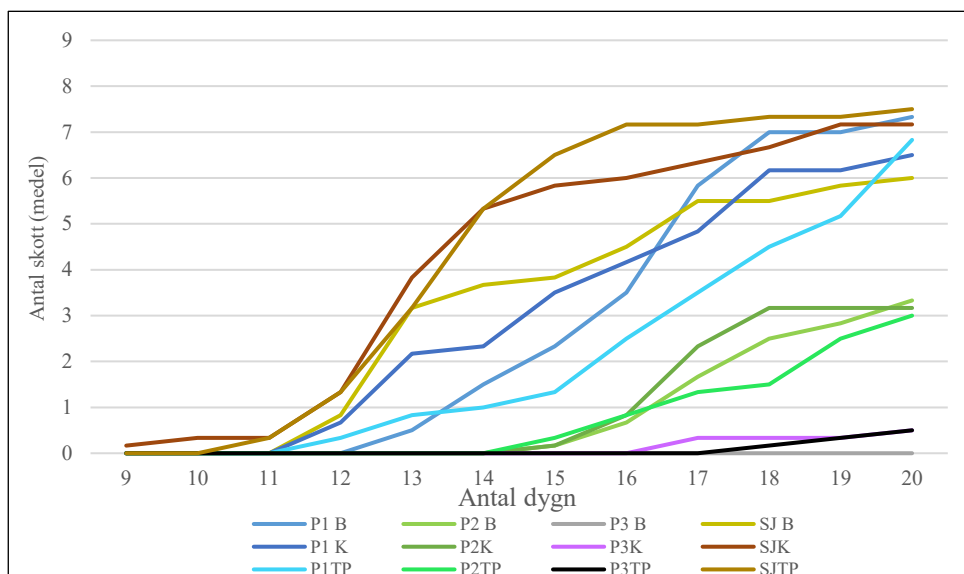
Figur 4 Antal skott per kruka i genomsnitt av soja med kontrollbehandling på olika jordar dag för dag. Sorten är MG, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av antalet skott på de olika jordarna skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p < 0,05$).

Efter 20 dygn jämfördes ts vikt hos soja med kontrollbehandling odlade i de olika jordarna med varandra. Då var det signifikant lägre ts vikt hos båda sorterna odlade på P3-jorden jämfört med soja odlad i de andra jordarna (tab. 12).

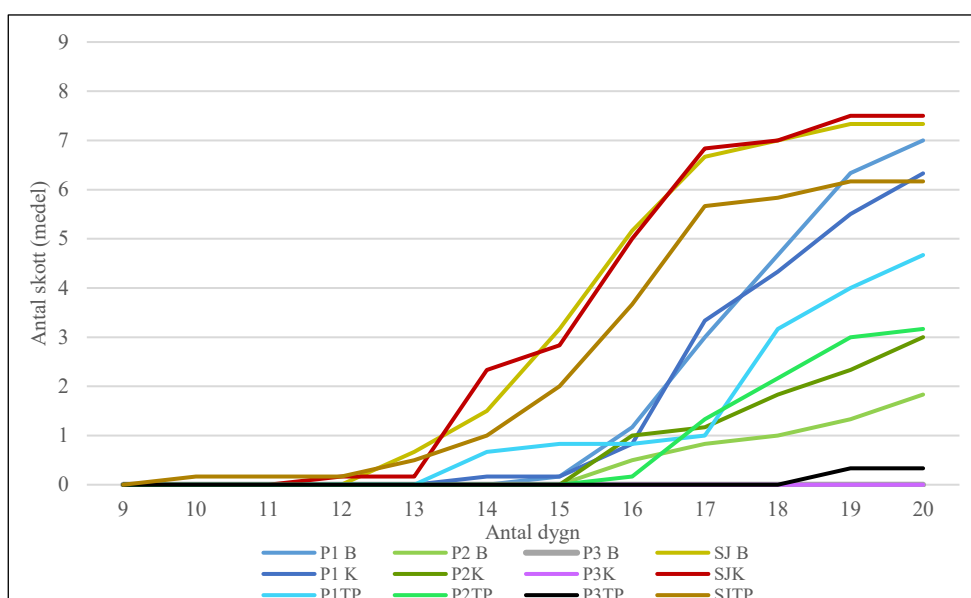
Tabell 12 Ts vikt (g) i genomsnitt hos de olika leden. Vid jämförelse av ts vikt (g) i genomsnitt hos soja med kontrollbehandling på de olika jordarna fanns signifikanta skillnader. De med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p < 0,05$).

Jord	TD			MG		
	Behandling					
	B	TP	K	B	TP	K
P1	0,17	0,15	0,17 ^A	0,30	0,26	0,33 ^A
P2	0,13	0,12	0,14 ^A	0,18	0,27	0,21 ^A
S	0,13	0,15	0,14 ^A	0,30	0,29	0,29 ^A
P3	0,00	0,08	0,04 ^B	0,00	0,07	0,00 ^B

Efter 20 dygn var det större skillnad i antalet skott och ts vikt hos soja odlad på olika jordar jämfört med soja med olika biostimulering. När biostimulering jämfördes med kontrollbehandling hos soja odlad i samma slags jord observerades inga skillnader under detta delförsök, varken ts vikt (tab. 12) eller antal skott dag för dag (fig. 5 och 6).



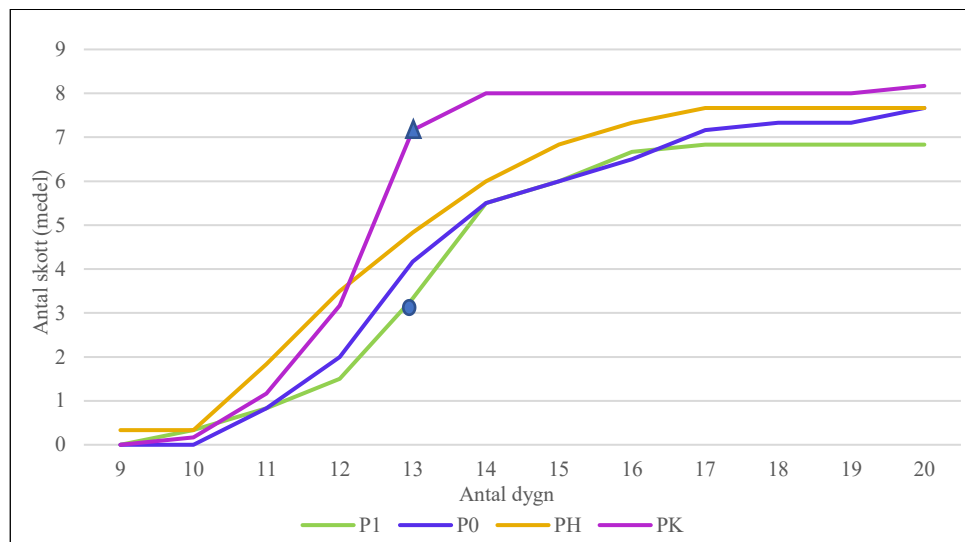
Figur 5 Antal skott per kruka i genomsnitt dag för dag. Sorten är TD, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Det var ingen signifikant skillnad när soja med biostimulering jämfördes med kontroll på de olika jordarna var för sig.



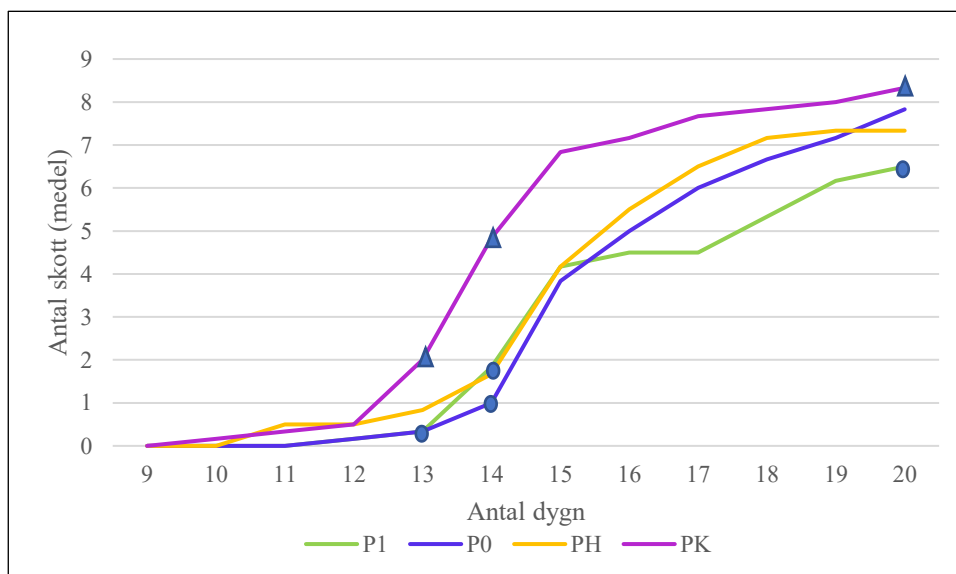
Figur 6 Antal skott per kruka i genomsnitt dag för dag. Sorten är MG, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Det var ingen signifikant skillnad när soja med biostimulering jämfördes med kontroll på de olika jordarna var för sig.

5.2 Biostimulanterers effekt på uppkomst av soja vid 14,2°C och 0,5 och 2 mg P/100g torr jord (organiskt gödselmedel och mineralgödsel)

Under delförsök med medeltemperaturen 14,2°C observerades vissa skillnader mellan de olika jordarna när antalet skott av soja med kontrollbehandling jämfördes dag för dag (fig. 7 och 8). Vid avslut efter 20 dygn var det signifikant skillnad i antalet skott av MG på de olika jordarna när soja med kontrollbehandling jämfördes. Det var då fler antal sojaskott i genomsnitt i sand gödslad med kogödsel (PK) som innehåller 0,5 mg P/100g torr jord jämfört med antal skott, 6,5 i sand med mineralgödsel, 2 mg P/100g torr jord (P1).



Figur 7 Antal skott per kruka i genomsnitt av soja med kontrollbehandling på olika jordar dag för dag. Sorten är TD, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av antalet skott på de olika jordarna skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p < 0,05$).



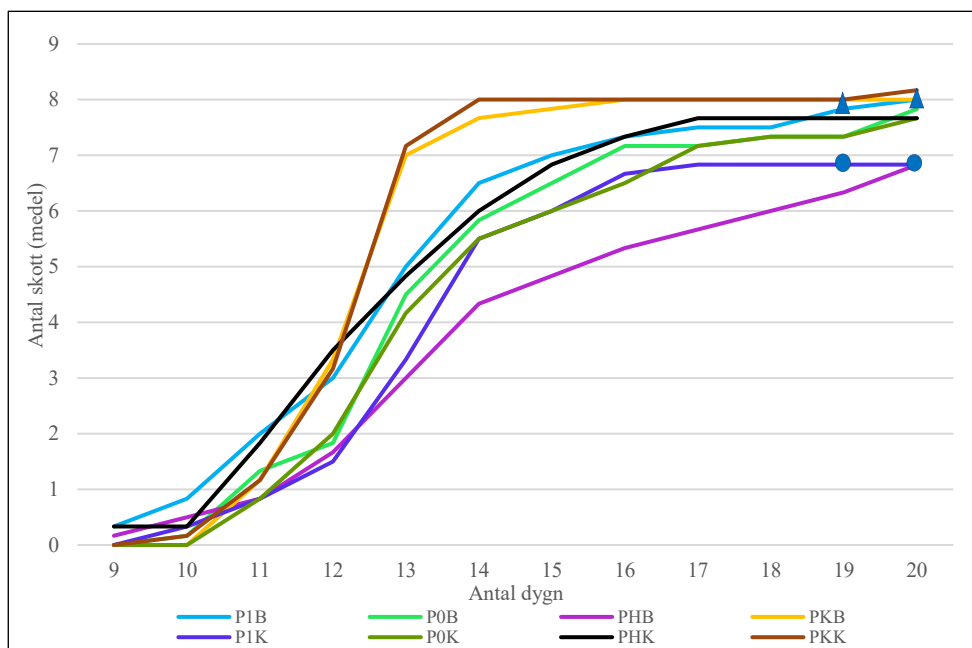
Figur 8 Antal skott per kruka i genomsnitt av soja med kontrollbehandling på olika jordar dag för dag. Sorten är MGt, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av antalet skott på de olika jordarna skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p < 0,05$).

Vid avslut var det ingen signifikant skillnad i ts vikt när soja med kontrollbehandling jämfördes på de olika jordarna (tab. 13). När ts vikt hos soja med olika behandlingar jämfördes på de olika jordarna var för sig var det inga större olikheter vid avslut. Dock var det signifikant högre ts vikt hos soja av sorten MG med Binab TF WP behandling jämfört med kontrollen på PK-jorden (tab. 13).

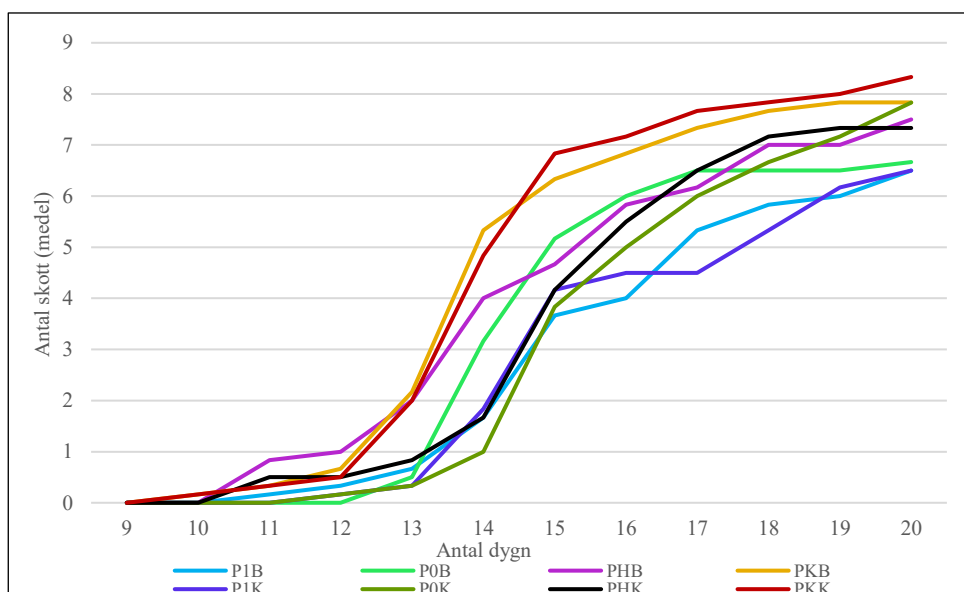
Tabell 13 Ts vikt (g) i genomsnitt hos de olika leden. Vid jämförelse av ts vikt (g) i genomsnitt hos soja med olika behandlingar på de olika jordarna varför sig fanns signifikanta skillnader. De med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($p < 0,05$).

Dinamika konservasi sumber daya signifikan ($p < 0,05$).				
TD			MG	
Behandling				
Jord	Binab TF WP	Kontroll	Binab TF WP	Kontroll
PH	0,18	0,20	0,35	0,34
P1	0,19	0,19	0,33	0,34
P0	0,18	0,18	0,35	0,34
PK	0,19	0,18	0,38 ^A	0,31 ^B

Generellt sett ökade inte antalet skott när soja med Binab TF WP jämfördes med kontroll på de olika jordarna var för sig dag för dag (fig. 9 och 10). Dock var det signifikant fler antal skott av TD behandlat med Binab TF WP i slutet av delförsöket jämfört med kontrollen när soja odlades i sand med mineralgödsel, 2 mg P/100g lufttorr jord (P1) (fig. 9).



Figur 9 Antal skott per kruka i genomsnitt dag för dag. Sorten är TD, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Vid jämförelse av soja med biostimulering med kontroll på de olika jordarna var för sig skiljer sig de med olika symboler signifikant åt ($p < 0,05$).



Figur 10 Antal skott per kruka i genomsnitt dag för dag. Sorten är MG, maxantal är 9 och start dygn 9 när första skottet observerades. Det var ingen signifikant skillnad när soja med biostimulering jämfördes med kontroll på de olika jordarna var för sig.

6 Diskussion

6.1 Utvärdering av metod

Ett av de största problemen med metoden var temperaturinställningarna i växthuset. Det uppstod svårigheter i att bibehålla inställd lufttemperatur i växthuset eftersom temperaturen reglerades med luckor. När det var minusgrader utomhus öppnades inte luckorna eftersom det fanns en risk att luckorna då skulle frysa fast. När det var varmt ute minskade inte temperaturen i någon stor utsträckning när luckorna öppnades. Lamporna var avstängda under försöken och det var befuktning på växthusgolven för att hålla temperaturen nere. Resultatet från växthusstudien kan skilja sig från resultat i eventuella fältförsök på grund av det har varit växthusförhållanden och odlingsförutsättningarna kan därför skilja sig åt. Luftmedeltemperaturen skulle vara samma under båda delförsöken men det var olika temperatur och högre temperatur än vad som var önskvärt (tab. 14). Därför kan det vara en viss svårighet att jämföra resultaten med varandra. När led som var samma under båda delförsöken jämfördes var det ingen signifikant skillnad i antal skott och ts vikt men eftersom det endast var ett led och inte alla led kan temperaturskillnaden eventuellt haft en effekt på sojabönor i annan jord och med annan behandling. Även om miljöfaktorer i växthuset skulle vara helt lika finns det fortfarande fysiologiska skillnader hos individuella frön som kan ge upphov till variation i uppkomsttid (Egli 1993).

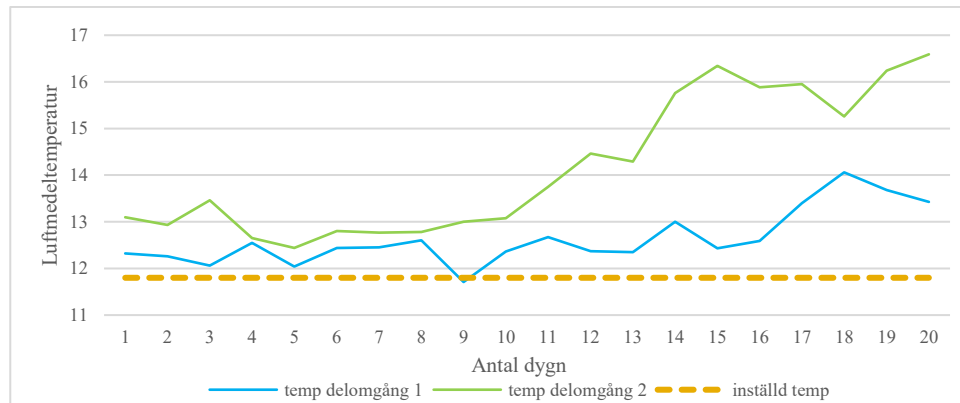
Tabell 14 Max-, min- och medeltemperatur i växthuset under delförsöken.

Försök	min		max		medeltemperatur dygn
	dag	natt	dag	natt	
delförsök 1	10,10	9,42	18,99	16,52	12,60
delförsök 2	11,01	9,60	24,98	24,08	14,16

Eftersom maxmedeltemperaturen i maj ligger på ungefär 12°C (SMHI 2019a) har medeltemperaturen under växthusförsöken varit högre. I juni ligger maxmedeltemperaturen i Skåne och Mälardalen på ungefär 15°C (SMHI 2019d) så medeltemperaturen i växthusförsöken har varit lägre än den genomsnittliga temperaturen i juni.

Medeltemperaturen i växthuset var dock lägre än sojans optimala temperatur som är 25-30°C (Koivisto 2016).

Variation av luftmedeltemperaturen jämfört med inställd temperatur går att se i figur 11. I figuren framgår det att det var en ökning i luftmedeltemperatur efter 10 dygn och det kan vara en bidragande anledning till att antalet uppkomna skott ökar. Under delförsöken borde marktemperaturen mätts för att se om det var skillnad i uppvärmning hos de olika jordarna och hur det i sin tur kan ha påverkat uppkomsttiden.



Figur 11 Inställd temperatur och faktisk medeltemperatur under de olika delförsöken.

Biostimuleringen tillfördes innan sådd (Fogelberg 2009b). Trots detta gav biostimulering inte särskilt stor effekt jämfört med kontroll vid undersökning av uppkomst. Eventuellt kan det bero på att tillfört vatten vid ympning kan ge bättre resultat vid användning av Binab TF WP (Wexthuset 2019), Trianum-P (Lindesro AB 2019) och *Bradyrhizobium japonicum* (Fogelberg 2009b). Vid förberedelser innan sådd tillfördes torr produkt till torra frön vilket kan ha medfört att det inte blev tillräcklig mängd som hamnade på själva fröet, det kan även uppstått stor variation i hur mycket biostimulering som tillfördes till ett frö. Enligt Kuchlan, P., Kuchlan, M. & Ansari (2017) kan effekten av *Trichoderma* spp. behandling på frön i pulverform minska på grund av dålig adhesion på den släta ytan på sojabönor. Kuchlan, P., Kuchlan, M. & Ansari (2017) föreslår tillförsel av polymerer på sojabönsytan för att få pulvret att fästa bättre vid ytan. Deras studie visade att när polymer användes ökade den genomsnittliga skörden med 24% vid behandling med *Trichoderma* och det berodde på förbättrad tillväxt hos växten och minskad sjukdomsförekomst (ibid.).

En annan del av metoden som bör genomgåas är den tillförda växtnäringen. Mängden kogödsel som tillfördes under försöket, 99,5 g/kruka var i betydligt större mängd än vad Fogelberg (2008) rekommenderar. Fogelberg (2008) rekommenderar en på organiskt gödselmedelgiva på max 15 ton/ha till bönor, dvs. ca 15 g/kruka. Det kan därför vara mindre tillämpligt på fält. Kogödseln bestod av torv och komposterad kogödsel, det kan därför ge annan effekt än stallgödsel från gård. Hönsködseln är torkad och pelleterad och detta kan också ge annan effekt än stallgödsel från gård.

Led med 2 mg P/100 g torr jord (P1) tillfört som mineralgödsel i sandjord kan skilja sig åt under de olika delförsöken eftersom mineralgödseln var väl inblandat vid delförsöket med medeltemperaturen 12,6°C och endast i de översta 2 cm vid delförsöket med medeltemperaturen 14,2°C. Mängden tillförd gödsel var beräknad på hela krukan så en felkälla är att det blev en hög koncentration i ytan vid delförsöket med medeltemperaturen 14,2°C. Kogödseln blandades in i de övre 6 cm medan mineralgödsel endast blandades in i de översta 2 cm. Detta gör att det är högre halt P i de övre 2 cm när mineralgödsel tillfördes jämfört med kogödsel fast de skulle ha samma P-halt. Eftersom granulerad mineralgödsel användes och den invägda vikten mineralgödsel i de olika krukorna samt storleken varierar hos korna kan även det vara en felkälla.

Det borde även ha varit ett mindre spann i P-mängd istället för 0,5 - 30 mg P/100 g torr jord. Spannet borde varit mindre eftersom det fanns skillnader mellan 0,5 och 2 mg P/100g torr jord. Det var ett stort spann eftersom det skulle likna olika P-AL och K-AL klasser. Det kan dock ha uppstått problem eftersom sojabönor är känsliga för närkontakt med mineralgödsel (Kaiser 2018). När jordprover analyserades genom extraktion med AL-lösning var det en stor skillnad mellan den beräknade mängden P och K jämfört med analysvaret. Det beror antagligen på att det vid analysen tas 3 g från ett 100 g prov och eftersom det var sand med mineralgödsel och organiskt gödselmedel kan det vara så att det kom med mycket eller lite gödsel i provet. Det saknades även upprepningar utan endast ett prov av varje jord analyserades. Därför är de beräknade värdena med i rapporten. Det hade antagligen blivit mer överensstämmande resultat om naturjord med olika P-AL och K-AL användes i försöket, men då kan det och andra sidan vara andra faktorer som skiljer dem åt som gör det svårt att jämföra. Det var t.ex. stor skillnad i uppkomst av soja mellan jorden S och P1 även fast de hade samma beräknade P-mängd.

Eftersom sojaodling inte är vanligt förekommande i Sverige är en stor del av informationen hämtat från andra länder och vid beräkningar har enheter konverterats och det kan ha uppstått fel vid konvertering.

6.2 Resultatdiskussion

Groningstestet visade på en låg grobarhet hos MG men det kan eventuellt bero på utförandet av groningstestet. Under testet fick fröna från de olika sorterna ungefär lika mycket vatten och eventuellt behövde MG som har större frön mer vatten jämfört med TD.

Under försökets gång observerades vissa skillnader i antalet skott när de olika sorterna jämfördes. Dock var det inga signifikanta skillnader mellan sorterna vid avslut. Enligt Egli (1993) blir sojaplantor större om de sådda fröna är större jämfört med plantor från mindre frön som blir mindre. Sojaplantor från stora frön får snabbare större ts vikt jämfört med sojaplantor från små frön. Skillnaden som kan uppstå på grund av de olika fröstorlekarna observerades inte vid avslut under detta försök.

Under försöket skedde uppkomst efter 9 dygn vid både 12,6°C och 14,2°C medeltemperatur. Enligt Miladinovic, Hrustic & Vidic (2011) tar det 20-25 dygn för uppkomst hos soja när marktemperaturen är 8-10°C. Uppkomst sker efter 6-7 dygn vid optimal temperatur, 20-22°C enligt Miladinovic, Hrustic & Vidic (2011) och inom en vecka vid 21-32°C enligt Monsanto (2016). Det är svårt att jämföra uppkomsttiden med litteratur eftersom det är olika medeltemperaturer. Vid delförsök med 14,2°C observerades de första skotten efter 9 dygn i jord med 2 mg P/100 g lufttorr jord (P1 och PH). Det kan indikera att det var en bra P mängd för tidig uppkomst vid den här medeltemperaturen. Vid delförsök med 12,6°C observerades uppkomst först av soja i S-jorden.

De jordarna som generellt sett gav bra uppkomst var P1, P0, PH, PK och S. Generellt sett var det bra uppkomst vid 0,5-2 mg P/100 g lufttorr jord. Det var bättre groning i procent och uppkomst det vill säga fler antal skott och högre ts vikt i S-jorden jämfört med P3-jorden som hade samma mängd P, 30 mg P/100 g lufttorr jord och detta kan indikera att det var andra faktorer än P som påverkar uppkomsten. S-jorden bestod av torv som och torv består i allmänhet helt av organiskt material. Porositeten är vanligen hög i organogena jordar och en porös markstruktur gynnar markens vattenhållande och vattenledande förmåga, genomluftning samt rötters utbredning (Eriksson et al. 2011). Detta kan leda till bättre upptag av vatten och näringsämnen. Torvjord kan ha 40-50 vol-% växttillgängligt vatten jämfört med mineraljord som sällan håller mer än 25 vol-% (ibid.). PK-jorden bestod av sand och torv. Sandjord har en låg kapacitet att binda växttillgängligt vatten men kapaciteten förbättras om sandjorden innehåller organiskt material (Eriksson et al. 2011). En hög halt organiskt material i sandjordar ger en mer lucker jord och minskar det mekaniska motståndet för rötterna (ibid.). Det blev även mindre skorpbildning i sandjord med torv jämfört med endast sandjord och det kan ha gett bättre etablering (Monsanto 2016). Bra uppkomst i S-jorden och PK-jorden kan bero på att de var luckra och det kan ha lett till att groddarna enklare kunde bryta igenom markytan. Torven innehöll även N och det kan ha förbättrat uppkomsten av sojabönor vid temperatur under optimala.

Vid delförsök med 14,2°C observerades vissa skillnader i antalet skott när soja med kontrollbehandling på olika jordar jämfördes med varandra dag för dag men det kan bero på en kraftig ökning i medeltemperatur från 14,5°C till 15,8°C mellan dygn 12-14 (fig.11). Vid delförsök med 12,6°C fanns signifikanta skillnader i antalet skott mellan de olika jordarna när soja med kontrollbehandling jämfördes. Soja odlad i sand med den största mängden tillförda mineralgödsel, 30 mg P/100 torr jord (P3) hade både låg groning i procent samt dålig uppkomst, det vill säga minst antal skott och lägst ts vikt. Detta indikerar att det inte var gynnsamma markegenskaper för uppkomst hos soja. Generellt sett var det sämre och långsammare uppkomst på sandjord ju mer mineralgödsel som tillförts. Sojabönor är känsliga mot salt och det kan uppstå problem om gödselmedlet är i nära kontakt med utsädet (Kaiser 2018). När MAP (monoammoniumfosfat) används vid sojaodling och det uppstår närkontakt med fröet kan det osmotiska trycket öka eftersom MAP innehåller salt (Bardella 2016). Då minskar vattenupptaget hos fröet vilket kan resultera i mindre groning och uppkomst (ibid.). Även textur kan påverka vattentillgången. Jordar med grövre

textur har troligen lägre vattentillgång (ibid.). Jordar med grövre textur kan ha större förändring av den osmotiska potentialen jämfört med finkorniga jordar (ibid.). Dålig uppkomst under försöket beror med stor sannolikhet på saltstress när sojafröna var i direktkontakt med mineralgödsel. Utsädet i P3-jorden hade antagligen nära kontakt med mineralgödsel eftersom det tillfördes i så pass stor mängd. S-jorden hade samma mängd P men växtnäringen var väl inblandad sen tidigare och den tillförda mängden mineralgödsel under försöket var betydligt mindre jämfört med P3-jorden. S-jorden bestod även av torvjord och det kan ha gett bättre vattenupptag jämfört med P3-jorden som bestod av sand. Vid delförsök med 14,2°C var det skillnad i antal skott vid avslut när MG med kontrolbehandling jämfördes på olika jordar. Det var fler antal sojaskott i sand gödslad med kogödsel jämfört med sand med en större mängd P tillförts som mineralgödsel. Detta indikerar att det inte är mängden P som påverkar antalet skott utan soja hämnas av stor mängd mineralgödsel och gynnas av inblandning av torv. Ahiabor et al. (2014) studerade etablering av soja och efter 21 dygn visade det sig att det var högst grad av etablering vid en P-giva på 45 kg P/ha och inokulering med *Bradyrhizobium japonicum*. Studien visade även att det var bättre tillväxt av soja som fick P-gödsel jämfört med sojabönor som inte gödslades med P. Utveckling och tillväxt av sojabönor ökade med ökad mängd P-gödsel när sojabönorna var inokulering med *B. japonicum*. En anledning till att dessa resultat skiljer sig från resultaten i försöket kan bero på att P-gödsel (0, 15, 30 och 45 kg P/ha) tillfördes 14 dygn efter sådd och då tillfördes gödseln ca 5 cm från plantan. Detta kan vara en ytterligare indikation på att det snarare blev sämre uppkomst under försöket på grund av direktkontakt med mineralgödsel. Att det inte blev en tydlig effekt av P på uppkomst kan bero på att sojabönor har stora P-reserver i fröet så därför kan de eventuellt ha tillräckligt med P i ett tidigt stadium (Bardella 2016). Ett annat försök visade att uppkomst av soja minskade signifikant när P gödsel tillförs med mer än 20 kg P₂O₅/ha (Weiseth 2016). Mängden tillförd mineralgödsel under genomförda försök motsvarar ungefär 0,5 (P0), 14,3 (P1), 34,5 (S) 114,8 (P2) och 215,3 (P3) kg P/ha. Det var generellt sett större skillnad i uppkomst mellan jordarna P1, P2, P3 och S än skillnaden mellan P0, PK, P1 och PH. Det beror antagligen på att det var ett större spann i mängden tillförd P.

Eftersom *Bradyrhizobium japonicum* bör tillföras när soja odlas i Sverige (Fogelberg 2014) användes ympade frön i studien för att resultatets sen ska vara tillämbart. Under försöket observerades dock inga noder på rötterna. Det kan bero på långsam utveckling av noder vid 12,6°C och 14,2°C, eller att försöket var under för kort tid för att det skulle hinna uppstå noder. Enligt Asgrow (u.å.) utvecklas noder efter uppkomsten. Enligt Koivisto (2016) kan det behövas en startgiva med N som sojaplantan kan ta upp innan N-fixeringen börjar om soja sås i en temperatur under 10°C. Detta är eftersom en optimal symbios med N-fixerande bakterier uppstår först vid temperaturer på 25-30°C i rotzonen. En startgiva på 50 kg N/ha kan användas för att eventuellt ge en snabbare tillväxt i början hos soja odlad i kall jord (ibid.). Dålig ympning kan kompenseras med N gödsel enligt Fogelberg (2014). Detta kan vara en ytterlig anledning till att torven gav bra uppkomst eftersom den bland annat innehöll en del N.

Tidigare försök i växthus där soja inokulerats med *Trichoderma*-svampar visade att det var signifikant positiv effekt på groningen och rotlängd (Tančić et al. 2013). Under delförsöket med 12,6°C observerades inga signifikanta skillnader i antal skott eller ts vikt när biostimulering användes jämfört med kontrollen. Enligt Hjeljord, Stensvand & Tronsmoa (2000) saknas kunskap om vilka miljöfaktorer som är gynnsamma för *Trichoderma*-svampar. Så eventuellt var det mindre gynnsamma miljöförhållanden för *Trichoderma*-svamparna under detta försök.

En tidigare studie visade att *Trichoderma harzianum* koloniserade roten hos soja effektivt men hade ingen bidragande effekt på uppkomst jämfört med kontroll (da Silva et al. 2017). En tidigare studie av Mastouri et al. (2010) visade att *T. harzianum* Rifai strain KRL-AG2 (T-22) generellt sett hade en liten effekt på groningen förutom när grödan var utsatt för stress såsom temperatur under optimala. Vid temperatur under optimal grodde behandlade frön betydligt snabbare och mer jämt än frön utan behandling (ibid.). Resultatet visade dock att *T. harzianum* Rifai strain KRL-AG2 (T-22) inte medförde en signifikant ökning i antalet skott eller ts vikt hos sojabönor när temperaturen var under optimala för soja. T-22 växer vid en temperatur mellan 10-34°C (Lindesro AB 2019). Temperaturen borde inte ha varit missgynnande för svamparna under detta försök så det kan eventuellt röra sig om andra miljöfaktorer som har varit missgynnande för svamparna.

Trichoderma polysporum klarar av låga temperaturer (Danielson & Davey 1973), 0°C enligt Kubicek och Harman (2002). Tidigare växthusförsök med *T. polysporum* och *T. atroviridae* visade att det krävdes 92 timmar för *Trichoderma*-konidierna att gro när medeltemperaturen var 12°C. Resultatet visade att *T. polysporum* och *T. atroviridae* hade en viss förbättrade effekt på antal skott och ts vikt hos soja vid låg temperatur. Tillförsel av *T. polysporum* och *T. atroviridae* gav signifikant fler skott av TD på sandjorden med 2 mg P/100g torr jord (mineralgödsel) och ökad ts vikt hos MG odlad i sandjord med 0,5 mg P/100g torr jord (kogödsel) vid 14,2°C. Detta kan bero på att det var gynnsamma förhållanden för svamparna vid den här temperaturen och dessa jordar. Vid 12,6°C var det signifikant större andel grodda frön av MG när *T. polysporum* och *T. atroviridae* tillfördes jämfört med kontrollen på P3-jorden. Det var en större andel som grodde med biostimulering men plantorna tog sig inte ovan markytan så det var ingen skillnad antalet skott. Biostimuleringen kan ha förbättrat groningen av sojafrön som odlats i sand med höga mängder mineralgödsel men förbättrade inte antalet skott ovan markytan.

7 Slutsatser

Det var större skillnad i uppkomst hos soja odlad på olika jordar jämfört med soja med olika biostimulering. Biostimulering gav generellt sett inte så stor effekt på uppkomsten av sojabönor och det kan eventuellt bero på inokuleringsmetoden. Dock var det effekt av biostimulering hos vissa led i försöket. Binab TF WP kan eventuellt ge fler skott och ökad ts vikt när medeltemperaturen var 14,2°C. Resultatet visade dock att Trianum-P inte medförde en signifikant ökning i antalet skott eller ts vikt hos soja vid dessa temperaturer och jordar.

Under försöket observerades inte särskilt tydliga indikationer på att P har en betydande effekt på uppkomsten hos sojabönor vid låg temperatur. Det var generellt sett bra uppkomst vid 0,5-2 mg P/100 g luft torr jord jämfört med högre halter. Det var generellt sett sämre uppkomst ju mer mineralgödsel som tillförts vilket antagligen beror på saltstress. De var generellt sett bra uppkomst hos soja odlad i PK-jorden och S-jorden som båda innehåller mycket organiskt material och det har troligen haft större effekt på resultatet än P-halten.

7.1 Fortsatta studier

Om det är möjligt att odla soja i Sverige bör det tas krafttag för att få igång en inhemsk produktion. Det är mycket som ska till för att få igång sojaproduktion. Det behövs ett fungerande odlingssystem och det måste även finnas ett intresse för den tröskade sojan samt lönsamhet att producera soja och inhemska sojaprodukter.

Förädlingsarbete behövs för att ta fram sorter som är mer anpassade för odlingsförhållandena i Sverige. Det behövs sorter med kortare odlingssäsong som går att så när marktemperaturen är under 10°C.

I jordbruket är vädret en faktor som påverkar grödorna i stor utsträckning men det är också något som inte går att påverka. Vissa odlingstekniker kan fungera bättre under optimala väderförhållanden och andra kan fungera bättre när grödorna utsätts för abiotisk stress. För att ta fram bra odlingsstrategier är det därför viktigt att ha fältförsök under flera odlingssäsonger och på olika platser (ISA u.å.). Rekommenderade P- och K-givor vid sojaodling i Sverige varierar mellan 20-25 kg P/ha och 90-100 kg K/ha (Fogelfors 2015) men det skulle vara bra med mer exakta rekommendationer för odling av soja, något som inte finns idag. Enligt Fogelberg (2009b) behövs försök med olika gödselgivor för att få fram rekommendationer vid sojaodling. Fältförsök på olika platser behövs för att få fram storlek på sojaskörd, bortförsel av växtnäring samt hur soja svarar på tillförd mängd växtnäring. Information från sådana fältförsök behövs för att optimera mängden tillförd växtnäring. Det behövs även för behovsanpassad gödsling som utgår ifrån skördemängd samt P-AL och K-AL värden i marken.

Eftersom det finns olika rekommendationer kring N gödsling till soja bör det undersökas om det kan bli bättre uppkomst av soja med en startgiva med N och hur N-fixeringen påverkas senare under säsongen. Fältförsök kan vara användbart för att få fram en N mängd som både ger bra etablering men inte hämmar N-fixeringen för mycket. Det behövs mer utförliga fältförsök där soja gödslas med organiskt gödselmedel och vad de har för effekter på bland annat N-fixeringen (Zerkowski et al. 2012).

För att lösa problemet med saltstress hos soja kan gödsel tillföras med radmyllning så att det inte kommer i närkontakt med soja (Thomas-Murphy 2019). Gödsel bör tillföras med radmyllning minst ca 5 cm vid sidan om sojafröet samt ca 5 cm djupare än utsädet, eftersom gödsel inte bör vara i direktkontakt med utsädet (ibid). Detta skulle vara intressant att undersöka under fältförsök. Användning av mineralgödsel med lägre salthalt (Nachurs Alpine Solutions u.å.) kan även tänkas vara en metod värd att undersöka för att minska eventuella problem med saltstress hos sojabönor.

Under försöket undersöktes endast uppkomst men det skulle vara intressant om det blir en tydligare effekt av biostimulering och olika gödselmängd senare under växtodlingssäsongen samt om det påverkar skörden. Eventuellt så hinner *Trichoderma*

etablera sig mer efter en längre tidsperiod. Vid fortsatta studier bör det även undersökas om det sker konkurrens mellan biostimulering och *Bradyrhizobium japonicum* vid kolonisering av rötterna. Trianum-P och Binab TF WP togs bort från Kemikalieinspektionens lista av godkända preparat i Sverige den 30 april 2019 (Kemikalieinspektionen 2019a; 2019b) så dess framtid som biostimulering vid sojabönsodling i Sverige är oklar.

Referenslista

- Ahiabor, B.D.K., Lamptey, S., Yeboah, S. & Bahari, V. (2014) *Application of Phosphorus Fertilizer on Soybean [(Glycine max L. (Merril)] Inoculated with Rhizobium and its Economic Implication to Farmers*, American Journal of Experimental Agriculture 4 (11) s.1420-1434
- Asgrow (u.å.) *Soybean root nodulation and nitrogen fixation*, Tillgänglig: <https://www.aganytime.com/Documents/ArticlePDFs/Soybean%20Root%20Nodulation%20and%20Nitrogen%20Fixation%20-%20NB.pdf> [07-06-2019]
- Bandyopadhyay, K.K., Misra, A.K., Ghosh, P.K. & Hati, K.M. (2010). *Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean*. Soil and Tillage Research 110, s. 115-125.
- Bardella, G.R. (2016) *Phosphorus Management Practices for Soybean Production in Manitoba*, University of Manitoba Winnipeg, A Thesis Submitted to the Faculty of Graduate Studies of The University of Manitoba, Department of Soil Science. Tillgänglig: https://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/31688/Bardella_Gustavo.pdf?sequence=2&isAllowed=y [20-06-2019]
- Benton Jones, J.J. (2003) *Agronomic Handbook - Management of Crops, Soils and Their Fertility*, USA: CRC Press
- Bingefors, S & Hammar, O. (red.) (1978) *Växtodlingslära Del 2 – Växterna*, Stockholm:LT, s. 203
- Braunack, M. V. (1994). *Effect of aggregate size and soil water content on emergence of soybean (Glycine max, L. Merr.) and maize (Zea mays, L.)*. Soil & Tillage Research 33 (1995), s. 149-161.
- Bulgari R., Cocetta, G., Trivellini A., Vernieri P. & Ferrante A. (2015) *Biostimulants and crop responses: a review*, Biological Agriculture & Horticulture, 31:1, s. 1-17,
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. & Jackson, R.B. (2011) *Biology – A Global Approach*, 10th edition, USA:Pearson
- Chang Y.C., Baker R., Kleifeld O. & Chet I. (1986), *Increased growth of plants in the presence of the biological control agent Trichoderma harzianum* Plant Dis., 70, s. 145-148
- Chiezey, U.F. & Odunze, Azubuike. (2009). *Soybean response to application of poultry manure and phosphorus fertilizer in the Sub-humid Savanna of Nigeria*. J. Ecol. Nat. Environ. 1.
- Conner, T., Paschal, E. H., Barbero, A., & Johnson, E. (2004). *The challenges and potential for future agronomic traits in soybeans*. AgBioForum 7, s. 47–50.
- da Silva, F.F., de Melo Castro, E., Moreira, S.I., de Lima, A.E. & Alves, E (2017) *Emergence and ultrastructural analysis of soybean seedlings inoculated with sclerotinia sclerotiorum under the effect of trichoderma harzianum application*, Summa Phytopathologica 43(1), s. 41-45
- Danielson, R.M. & Davey, C.B. (1973) *Non nutritional factors affecting the growth of Trichoderma in culture*. Soil Biology and Biochemistry Volume 5, Issue 5, September 1973, s. 495-504
- Druzhinina, I. S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B. A., Kenerley, C. M., Monte, E. & Kubicek, C. P. (2011). *Trichoderma: the genomics of opportunistic success*. Nature Reviews Microbiology, 9(10), s. 749-759.
- Egli, D.B. (1993) *Relationship of uniformity of soybean seedling emergence to yield*, Journal of Seed Technology, Vol. 17, No. 1 s.22-28
- Endres, G. (2016), *Soybean Planting Date*, Tillgänglig: <https://www.ag.ndsu.edu/CarringtonREC/center-points/soybean-planting-date> [14-03-2019]
- Eriksson, J. (1983) *Växtodlingslära Del 1 – Marken*, Stockholm:LT. s. 207
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011) *Marklära*, Lund:Studentlitteratur

- Eurofin (u.å.) *Tolka dina analysresultat*, Tillgänglig: <https://www.eurofins.se/media/681404/tolkning-av-analysresultat-markkartering160406.pdf> [19-05-2019]
- Fogelberg F, (2008), *Svenska bönor inte bara bruna*, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI informerar, nr 121, Tillgänglig: <http://www.jti.se/uploads/jti/JTIinfo121.pdf> [20-05-2019]
- Fogelberg, F. (2009a) Ja, vi kan odla sojabönor i Sverige! Odlaren nr 1-2009, Förbundet organisk biologisk odling, Tillgänglig: <http://www.fobo.se/index.php/kunskapmeny/vaextodlingmeny/groensa-kermen/bal/vaextermen/36-ja-vi-kan-odla-sojaboenor-i-sverige> [20-05-2019]
- Fogelberg, F. (2009b) *Sojaodling i Sverige – erfarenheter av försök och demonstrationsodlingar 2006-2009*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
- Fogelberg, F. (2014) *Så ökar vi odlingen av bönor och ärter med modern teknik för sådd och tröskning*, Slutrapport för dnr H1056261, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Fogelberg, F. (u.å.) *Inhemsk proteingrödor – med fokus på soja*, Presentation, Tillgänglig: <https://docplayer.se/11810335-Inhemsk-proteingrödor-med-fokus-pa-soja.html> [20-05-2019]
- Fogelfors (2015) *Vår mat, odling av åker- och trädgårdsgrödor*. Lund: Studentlitteratur.
- Fontanelle (2018), *Phosphorus and Potassium Fertility for Corn and Soybean*, Tillgänglig: <https://www.fontanelle.com/en-us/agronomy-library/phosphorus-potassium-fertility-corn-soybean.html> [15-03-2019]
- Hamza, B. & Suggars, A. (2001) *Biostimulants: Myths and Realities*. TurfGrass Trends. 8. 6-10.
- Hasselfors Garden (u.å.) *Såjord*, Tillgänglig: <https://www.hasselforsgarden.se/produkter/s-jord-sajord/> [29-05-2019]
- Heggenstaller, A. (2019) *Phosphorus and Potassium Fertility for Corn and Soybean*, Tillgänglig: <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/p-k-fertility-corn-soybean/> [19-05-2019]
- Heimer, A. (2010). *Soja som foder och livsmedel i Sverige*. Naturskyddsföreningen (9915) Tillgänglig: https://www.naturskyddsföreningen.se/sites/default/files/dokument-media/2009_jordbruk_mat_sojarapport.pdf [07-03-2019]
- Helmers, M. (2019) *Manure Application to Soybeans*, Tillgänglig: <https://lpeic.org/manure-application-to-soybeans/> [2019-05-13]
- Hicks, D.R. (1978) (ed. Nroman, A.G.), *Soybean Physiology, Agronomy, and Utilization*, kap 2 Growth and Development. London: Academic press, INC.
- High Mowing Organic Seeds (2019) *Midori Giant soybean*, Tillgänglig: <https://www.highmowingseeds.com/organic-non-gmo-midori-giant-soybean.html> [19-05-2019]
- Hjeljord, L.G., Stensvand, A. & Tronsmoa, A. (2000) *Effect of Temperature and Nutrient Stress on the Capacity of Commercial Trichoderma Products to Control Botrytis cinerea and Mucor piriformis in Greenhouse Strawberries*, Biological Control, Volume 19, Issue 2, October 2000, s. 149-160
- ISA, The Illinois Soybean Association (u.å.) *Systematic Strategies to Increasing Yields*, Tillgänglig: <https://www.ilsoyadvisor.com/sites/default/files/images/page/Illinois%20Soybean%20Production%20Guide.pdf> [06-06-2019]
- John, R.P., Tyagi, R.D., Prévost, D., Brar, S. K., Pouleur, S. & Surampall, R.Y (2010) *Mycoparasitic Trichoderma viride as a biocontrol agent against Fusarium oxysporum f. sp. adzuki and Pythium arhenomanes and as a growth promoter of soybean*, Crop Protection 29 (2010) s. 1452-1459
- Jordan, D. C. (1982) *Transfer of Rhizobium japonicum Buchanan 1980 to Bradyrhizobium gen. nov., a Genus of Slow-Growing, Root Nodule Bacteria from Leguminous Plants*. International journal of systematic bacteriology, s.136-139
- Jordbruksverket (2018), *Rekommendationer för gödsling och kalkning 2018*, Tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/download/18.5593fa9915fcd5f0f5491234/1511444151428/jo17_4.pdf.html [2019-03-27]
- JTI (2016). *Odling av gröna sojabönor prövas i Sverige*. Tillgänglig: <http://www.jti.se/index.php?page=odling-av-groena-sojaboenor-proevas-i-sverige> [2019-03-07]
- Kabaluk, J.T., Svircev, A.M., Goettel, M.S. & Woo, S.G. (ed.) (2010) *The Use and Regulation of Microbial Pesticides in Representative Jurisdictions Worldwide*. IOBC Global. Tillgänglig: iobc-global.org/download/Microbial_Regulation_Book_Kabaluk_et_al_2010.pdf#page=68 [19-03-2019]
- Khan, M.R. & Mohiddin, F.A (2018) *Chapter 13 -Trichoderma: Its Multifarious Utility in Crop Improvement*, Crop Improvement Through Microbial Biotechnology, New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering s.263-290
- Kaiser, D.E. (2018) *Soybean fertilizer recommendations*, Tillgänglig: <https://extension.umn.edu/crop-specific-needs/soybean-fertilizer-recommendations#other-nutrients-1078562> [10-05-2019]

- Kemikalieinspektionen (2019a) Tillgänglig: <https://webapps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spi-der.Web.External/Produkt/Details?produktId=12096&produktVersionId=14572> [2019-04-17]
- Kemikalieinspektionen (2019b) Tillgänglig: <https://webapps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spi-der.Web.External/Produkt/Details?produktId=10229&produktVersionId=15923> [2019-04-17]
- Khaledi, N. & Taheri, P. (2016) *Biocontrol mechanisms of Trichoderma harzianum against soybean charcoal rot caused by Macrophomina phaseolina*, Journal of Plant Protection Research 56(1), s. 21-31
- Kocira, A., Kocira, S., Bronowicka-Mielniczuk, U., Kornas, R. & Kozłowicz, K. (2017). *Foliar application of biostimulants and the antioxidant properties of soybean seeds*, s.164-169
- Koivisto, J. (2016) *Glycine max* L., Tillgänglig: <https://web.archive.org/web/20160529130554/http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/gbase/data/pf000543.htm> [20-05-2019]
- Koppertus (2019) *Trianum-P*, Tillgänglig: <https://www.koppertus.com/trianum-p/> [21-05-2019]
- Krueger, K., Goggi, S., Mallarino, A. P. & Mullen, R. E. (2013). *Phosphorus and Potassium Fertilization Effects on Soybean Seed Quality and Composition*. Crop Science. 53. 602.
- Kuchlan, P., Kuchlan, M.K. & Ansari, M.M. (2017) *Efficient application of Trichoderma viride on soybean [Glycine max (L.) Merrill] seed using thin layer polymer coating*. Legume Research 3894
- Kumudini, S. (2010) (ed. Singh), *The soybean botany, production and uses*, kap 3, Soybean Growth and Development. UK: CPI Antony Rowe
- Kubicek, C. P. & Harman, G. E. (2002) *Trichoderma And Gliocladium: Basic Biology, Taxonomy and Genetics*, Volym s. 66
- Lindesro AB (2019) *Trianum P*, Tillgänglig: <http://lindesro.se/onewebmedia/Trianum-P%20etikett%202015.pdf> [19-03-2019]
- Linnskog Rudh, L. (2018) Fem hinder för svensk sojaodling, *AGFO*, 16 augusti, Tillgänglig: <https://agfo.se/2018/08/sojabonan-i-centrum/> [20-05-2019]
- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R. & Herrera-Estrella, A., (2015) *Trichoderma as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus*, Scientia Horticulturae 196 (2015) s. 109–123
- Lundahl, M. (2013) Sojaodling i Sverige ökar, *Skånska Dagbladet*, 6 juni, Tillgänglig: <https://www.skd.se/2013/04/06/sojaodling-i-sverige-okar/> [20-05-2016]
- Mastouri, F., Björkman, T. & Gary E. Harman, G.E. (2010) *Seed Treatment with Trichoderma harzianum Alleviates Biotic, Abiotic, and Physiological Stresses in Germinating Seeds and Seedlings*. Biological Control Vol. 100, No. 11, s. 1213-1221
- Miladinovic, J., Hrustic, M. & Vidic, M. (2011). *Soybean*. Novi Sad: Institute of Field and Vegetable Crops.
- Mishra S.K. & Verma V.D. (2010) (ed. Singh), *The soybean botany, production and uses*, kap 4, Soybean Genetic Resources, UK: CPI Antony Rowe
- Monsanto (2016). *Germination and Emergence of Soybean*, Tillgänglig: <http://www.proharvest-seeds.com/files/agronomic/Soybeans/Germination%20and%20Emergence%20of%20Soybean-TDA.pdf> [07-06-2019]
- Moshtaghi-Khavarani, A., Saeid, K. & Nasser, Z. (2014). *Soybean Seed Germination And Seedling Growth In Response To Deterioration And Priming: Effect Of Seed Size*. Plant Breeding and Seed Science. 70.
- Mrkovacki, N. Marinkovic, J. & Acimovic, R (2008) *Effect of N Fertilizer Application on Growth and Yield of Inoculated Soybean*, Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj 36 (1) 2008, s. 48-51
- Nachurs Alpine Solutions (u.å.) *Soybeans*, Tillgänglig: <https://www.alpinepfl.com/agronomy/crop-information/soybeans-east/> [19-06-2019]
- Patil, C. & Alagawadi, A. (2010). *Microbial Inoculants for Sustainable Legume Production*. Microbes for Legume Improvement, s. 515-535
- Petersen, J. & Thomsen, I. K. (2010), *Dansk, økologisk dyrkning af sojabønner til fødevarer- og foderformål*, Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø Tillgänglig: https://pure.au.dk/ws/files/4467175/ir_25_markbrug_50439_rapport.pdf [20-05-2019]
- Persson, R. (1977) *Skorpbildning på struktursvaga jordar vid olika bevattningsintensitet och droppstorlek*. Stenciltryck / Lantbrukshögskolan, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik (0346-7694) Nr 103.

- Primomo, V. S., D. E. Falk, G. R. Ablett, J. W. Tanner, & I. Rajcan. (2002). *Inheritance and Interaction of Low Palmitic and Low Linolenic Soybean*. This work was submitted by V.S. Primomo in partial fulfilment for the M.Sc. degree from the Dep. of Plant Agriculture, Crop Science Division at the University of Guelph.. Crop Sci. 42:31-36
- Prograin (2019) *Tundra*, Tillgänglig: http://www.easterngrains.ca/en/download/soybean-tundra_en.pdf [9-05-2019]
- Purcell, L.C. (2014) *Soybean Growth and Development*, Tillgänglig: <https://www.uaex.edu/publications/pdf/mp197/chapter2.pdf> [19-06-2019]
- Qiu L.J. & Chang R.Z. (2010) (ed. Singh), *The soybean botany, production and uses*, kap 1, The Origin and History of Soybean, UK: CPI Antony Rowe
- Rajput, A.Q. & Shahzad, S. (2015). *Growth and sporulation of Trichoderma polysporum on organic substrates by addition of carbon and nitrogen sources*. Pakistan Journal of Botany. 47. s. 979-986.
- Rao, A.S. & Reddy, K.S (2010) (ed. Singh), *The soybean botany, production and uses*, kap 8, Nutrient Management in Soybean. UK: CPI Antony Rowe
- Scandinavian Seed (u.å.) *Sojaböna Gallec bra allroundsort*, Tillgänglig: <https://www.scandinaviaseed.se/sida/1433/gallec-sojabona.html> [07-06-2019]
- Singh, S.K., Barnaby, J.Y., Reddy, V.R. & Sicher, R.C. (2016) *Varying Response of the Concentration and Yield of Soybean Seed Mineral Elements, Carbohydrates, Organic Acids, Amino Acids, Protein, and Oil to Phosphorus Starvation and CO₂ Enrichment*. Front Plant Sci. 2016;7:1967.
- Singh, S., Reddy, V., Fleisher, D. & Timlin, D. (2018). *Phosphorus Nutrition Affects Temperature Response of Soybean Growth and Canopy Photosynthesis*. Frontiers in Plant Science.
- Slaton, N.A., DeLong, R.E., Shafer, J., Clark, S., Golden, B. & Maschmann, E. (2008) *Soybean Response to Poultry Litter and Inorganic Fertilizer*, AAES Research Series 569
- Solomin, T. P. & L. Angaw, T. (2012). *Effects of Inoculation by Bradyrhizobium japonicum Strains on Nodulation, Nitrogen Fixation, and Yield of Soybean (Glycine max L. Merrill) Varieties on Nitisols of Bako, Western Ethiopia*. International Scholarly Research Network ISRN Agronomy Volume 2012, Article ID 261475
- SMHI (2019a) *Normal medeltemperatur för maj*, Tillgänglig: <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/normal-medeltemperatur-for-maj-1.3987>, [18-03-2019]
- SMHI (2019b) *Maj 2018 - Sommarväder med rekordvärme*, Tillgänglig: <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-sverige/manadens-vader-i-sverige/maj-2018-sommarvader-med-rekordvarme-1.134781> [18-03-2019]
- SMHI (2019c) *Dagslängdens förändring under året*, Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/dagslangdens-forandring-under-aret-1.7185> [30-05-2019]
- SMHI (2019d) *Normal medeltemperatur för juni*, Tillgänglig: <http://www.smhi.se/data/meteorologi/temperatur/normal-medeltemperatur-for-juni-1.3989> [28-07-2019]
- Stolt, B. (2013) Jag hoppas Sverige kan bli självförsörjande på soja, *Fria Tidningen*, 12 september, Tillgänglig: <http://www.fria.nu/artikel/94942>, [2019-05-18]
- Tančić, S., Skrobomja, J., Lalošević, M., Jevtić, R. & Vidić M., (2013) *Impact of Trichoderma spp. on Soybean Seed Germination and Potential Antagonistic Effect on Sclerotinia sclerotiorum*. Pestic. Phytomed., 28(3), s. 181-185
- Teboh, J. M. (2017) *Phosphorus Effect on Yield of Soybean Planted at Different Dates*, Tillgänglig: <https://www.ag.ndsu.edu/carringtonrec/center-points/phosphorus-effect-on-yield-of-soybean-planted-at-different-dates> [14-03-2019]
- Thomas-Murphy, J. (2019) *Planting Soybeans*, Tillgänglig: <https://fieldcrops.cals.cornell.edu/soybeans/planting-soybeans/> [19-06-2019]
- Timlin, D. J., Naidu, T. C. M., Fleisher, D. H., and Reddy, V. R. (2017). *Quantitative effects of phosphorus on maize canopy photosynthesis and biomass*. Crop Sci. 57, s. 3156-3169.
- Tsvetkova, G. E. & Georgie, G. I (2003). *Effect of phosphorus nutrition on the nodulation, nitrogen fixation and nutrient - use efficiency of Bradyrhizobium japonicum – Soybean (glycine max l. Merr.)*. Symbiosis. Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue, s. 331–335
- Tyagi, S. K. & Tripathi, R. P. (1983). *Effect of temperature on soybean germination*. Plant and Soil, vol. 74 (2), s. 273–280. Tillgänglig: www.jstor.org/stable/42934405 [07-03-2019]
- Verma, M., Brar, S.K., Tyagi, R.D., Sahai, V., Prévost, D., Valéro, J.R., Surampalli, R.Y. (2007). *Bench-scale fermentation of Trichoderma viride on wastewater sludge: rheology, lytic enzymes and biocontrol activity*. Enzyme Microb. Technol. 41, s. 764-771

- Vickers, M. (2016) *Nutrient management for profitable soybean production*, Tillgänglig: <https://www.agprofessional.com/article/nutrient-management-profitable-soybean-production> [18-05-2019]
- Warncke, D., Dahl, J. & Jacobs, L. (2009). *Nutrient recommendations for field crops in Michigan*. Extension Bulletin E2904. Michigan State University, East Lansing
- Weiseth, B. (2016) *Phosphorus Management Considerations for Southern Saskatchewan*, Presentation, Agri-Arm Research Update, Tillgänglig: <https://iharf.ca/wp-content/uploads/2016/04/Phosphorus-Management-Considerations-for-Southern-Saskatchewan-Blake-Weiseth.pdf> [19-06-2019]
- Wexthuset (2019) *Bruksanvisning Binab TF WP*, Tillgänglig: <https://www.wexthuset.com/Downloads/Binab-anv.pdf> [31-05-2019]
- Zerkowski, D., Ketterings, Q., Czymmek, K. & Stanyard, M. (2012) *Manure Use for Soybeans*, Faktablad 76, Tillgänglig: <http://nmisp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet76.pdf> [28-05-2019]